



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SISTEMAS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA

Jenny Milena Lizarazo Becerra. Código 282779

Martha Isabel Orjuela Gutiérrez. Código 282774

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Especialización en Administración en Salud Pública

Bogotá, Colombia

2013

SISTEMAS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA

Jenny Milena Lizarazo Becerra

Martha Isabel Orjuela Gutiérrez

Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de:

Especialización en Administración en Salud Pública

Directora

Rocío Robledo Martínez. OD, M.Sc., Ph.D(C).

Línea de Investigación:

Salud Pública

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Especialización en Administración en Salud Pública

Bogotá, Colombia

2013

DEDICATORIA

A Dios.

*Por su infinita bondad y amor al darnos la oportunidad de dar este gran paso,
con miras a colaborar en la construcción de una sociedad más justa en
términos de salud y de bienestar.*

A nuestras hijas.

Alejandra, Juliana y Laura.

Nuestra fuente de inspiración, orgullo y grandeza.

A nuestros padres

Hernán, María Antonia, Carlos Julio y Rosalba.

Por el apoyo incondicional por sus valores y motivación constante.

A nuestros esposos

Primitivo y Omar.

Por brindarnos siempre una voz de aliento cuando no lo hay.

¡Gracias a ustedes!

RESUMEN

El establecimiento de Sistemas de tratamiento de aguas residuales son importantes para proteger el Salud Pública y el medio ambiente. Si las aguas residuales van a ser vertidas a un cuerpo receptor natural (mar, ríos, lagos), será necesario realizar un tratamiento para evitar enfermedades causadas por bacterias y virus en las personas que entran en contacto con esas aguas, y también para proteger la fauna y flora presentes en el cuerpo receptor natural.

El reúso del agua tratada, riego de áreas verdes, riego de cultivos, uso Industrial y de servicios confirma que el tratamiento de las aguas residuales debe garantizar la inexistencia de efectos nocivos a la salud. Este implica la evaluación de tratamientos utilizados en Colombia y el correcto aprovechamiento de los mismos en correlación con la normatividad vigente.

ABSTRACT

Systems establishing wastewater treatment are important to protect the public health and the environment. If sewage will be discharged into a receiving body naturally (sea, rivers, lakes), treatment will be needed to prevent diseases caused by bacteria and viruses in people who come into contact with these waters, and also to protect the wildlife receptor present in the body naturally.

The reuse of treated water, landscape irrigation, crop irrigation, industrial use and service confirms that wastewater treatment should guarantee the absence of adverse health effects. This involves the evaluation of treatments used in Colombia and proper use of them in correlation with current regulations.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	VII
Lista de figuras	XI
Lista de tablas	XII
Lista de fotos	XIII
Lista de graficas	XIV
Introducción	1
1. Generalidades	4
2. Marco legal	9
2.1 Normas técnicas colombianas	9
2.1.1 Gestión ambiental calidad de agua.	9
2.1.2 GTC 31 Gestión ambiental agua.	10
2.2 Normas técnicas en Latinoamérica	11
Norma Boliviana NB 688-01	
2.3 Constitución, Leyes , decretos y resoluciones	13
2.3.1 Decreto 2811 de 1974	13
2.3.2 Ley 9 de 1979	13
2.3.3 Decreto 1594 de 1984	15
2.3.4 Marco constitucional de 1991	16
2.3.5 Ley 99 de 1993	20
2.3.6 Ley 42 de 1993	21
2.3.7 Ley 142 de 1994	22
2.3.8 Resolución número 1096 de 2000	22
2.3.9 CONPES 3177 de 2002	23
2.3.10 Decreto número 3440 de 2004	25

3. Sistemas de tratamiento de agua residual en Colombia	27
3.1 Tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales	27
3.1.1 Por tipo de proceso	27
3.1.2 Por el grado de tratamiento	27
3.2 Sistema de Tratamiento de agua residual en Colombia	31
3.2.1 Plantas de tratamiento	31
3.2.2 Lagunas de oxidación o estabilización	33
3.2.3 Humedales	34
3.2.4 Trampas de grasas	37
3.2.5 Fosas sépticas	38
4. Evaluación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales (que podrían considerarse las categorías de integración de información)	40
4.1 Planeación	40
4.2 Sistemas de auditoria	44
4.3 Aspectos socioeconómicos y ambientales	51
5. Correlación de cada Sistema de tratamiento de aguas residuales en Colombia con la normatividad vigente.	55
5.1. Plantas de tratamiento vs Resolución número 1096 de 2000	55
5.2. Lagunas de oxidación o estabilización vs Resolución número 1096 de 2000	56
5.3. Humedales vs CONPES 3177 de 2002	57
5.4 Trampas de grasas vs CONPES 3177 de 2002	57
5.5 Fosas sépticas vs CONPES 3177 de 2002	58
6. Aproximación analítica	60
7. Conclusiones y recomendaciones	63
Bibliografía	64

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Esquema de un Humedal de Flujo Superficial libre	35
Figura 2: Esquema de un Humedal de Flujo Subsuperficial Horizontal	37
Figura 3: Esquema de un tanque séptico	38
Figura 4: Etapas de la Gestión para el manejo, tratamiento y disposición final de aguas residuales.	40
Figura 5: Estructura de la planeación Municipal	43
Figura 6: Eficiencia de descontaminación de los sistemas de tratamiento (enfoque global agua + aire + sólidos)	44
Figura 7: Municipios Colombianos con y sin STAR's clasificados por tipo de empresa y números de sistemas Existentes	48

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Contaminantes importantes de las aguas residuales	5

Lista de Fotos

	Pág.
Foto 1: Sistema de sedimentación – Colcerámica -.	29
Foto 2: Tratamiento fisicoquímico con celda de Flotación – SEAFAM -	.29
Foto 3: Sistema de lodos activados	30
Foto 4: Digestores PTAR San Fernando – Medellín-	32
Foto 5: Sistema de floculación iónica	33
Foto 6: Laguna de oxidación – Rovira, Tolima -	34

Lista de Gráficas

	Pág.
Grafica 1. Inventario de sistemas por departamento	45

INTRODUCCIÓN

“Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias” (1). De acuerdo a su origen resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua proveniente de residencias, oficinas, establecimientos comerciales e instituciones, industrias, de actividades agrícolas, aguas superficiales, subterráneas y de precipitación.

A lo largo del tiempo los gobiernos ni la comunidad han valorado la importancia de las aguas residuales, y por lo tanto desde todas las fuentes posibles se genera indiscriminadamente. Son utilizadas en el riego de cultivos, donde los agricultores generadores de contaminación, pueden ocasionar la proliferación de enfermedades gastrointestinales, por la utilización de agua residual (sin tratar en la mayoría de los casos) o con un tratamiento muy deficiente; al ofrecer a los consumidores alimentos como verduras, frutas y hortalizas.

La Ley 9 de 1979, en la cual se establece el Código Sanitario Nacional, en su Título I especifica los aspectos generales referentes a residuos líquidos. Se reglamentó con el decreto 1594 de 1984, donde establece ampliamente lo referente a los vertimientos de agua residual, determina los límites de vertimiento de las sustancias de interés sanitario y ambiental, los permisos de vertimientos, estudios de impacto ambiental y procesos sancionatorios.

Este trabajo está enfocado a revisar y comparar los diferentes Sistemas de Plantas de aguas residuales en Colombia, teniendo en cuenta la necesidad que además de una inversión económica, el gobierno junto con la comunidad y las industrias, deben trabajar mancomunadamente en excelentes programas de generación de desechos, recolección de basuras, tratamiento de aguas residuales de cualquier origen con excelentes y completos sistemas de tratamiento de agua residual. De esta manera obtener y promover por un lado una posible solución a la sequía originada por la irresponsabilidad que durante

tantos años puede provocar al impacto ambiental, y por otro a disminuir la generación de enfermedades gastrointestinales por contaminación microbiana de los alimentos durante la siembra y cosecha de los mismos.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales en casi la totalidad de los países de América Latina incumplen a nivel general de lo requerido en materia ambiental por la cantidad de agua contaminada y la poca infraestructura e inversión en estas plantas

En Colombia en 989 localidades, en áreas con menos de 30.000 habitantes, el 78% no tiene tratamiento alguno de aguas residuales. Hasta el 2002 en Cundinamarca operaban: en Cundinamarca 38 PTARs, en Antioquia 26, Cesar 14, Valle del Cauca 14 y Tolima 13. Según el CONPES 3177 del 2002 (Consejo Nacional de Política Económica y social), existían 237 plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en 235 municipios, que trataban el 8% de los vertimientos de alcantarillado de los mismos, en medio de deficiencias como poca capacidad, procesos incompletos o nula operación (2).

1. GENERALIDADES

Las aguas residuales se clasifican en dos tipos: industriales y municipales. En muchos casos las aguas residuales industriales requieren tratamiento antes de ser descargadas en el sistema de alcantarillado municipal; como las características de estas aguas residuales cambian de una a otra industria, los procesos de tratamiento son también muy variables.

Muchos de los procesos empleados para tratar aguas residuales municipales se emplean también con las industriales. Existen aguas residuales industriales que tienen características compatibles con las municipales, por lo que se descargan directamente en los sistemas públicos de alcantarillado.

El agua residual municipal fresca y aerobia tiene olor a queroseno y color gris. El agua residual con más tiempo de haber sido generada es séptica y pestífera; su olor característico es a sulfhídrico, similar al de los huevos podridos. El agua residual séptica es de color negro.

La temperatura del agua residual es mayor que la del agua potable, varía entre 10 y 20° C; esto se debe a que se añade calor al agua en los sistemas de plomería de las edificaciones. El agua colectada en los sistemas de alcantarillado municipal corresponde a una amplia variedad de usos. La Tabla 1 presenta una lista de contaminantes que es común encontrar.

La cantidad de los constituyentes de las aguas residuales varía dependiendo del porcentaje y tipo de desechos industriales presentes y de la dilución ocasionada por la entrada de agua subterránea que se infiltra a la red de alcantarillado.

El gasto y la composición de las aguas residuales de un sistema de alcantarillado reflejan los diferentes usos del agua potable. En general, los sistemas de localidades pequeñas con uso homogéneo del agua, experimentan mayores fluctuaciones en la composición de las aguas residuales (3).

Tabla 1.**Contaminantes importantes de las aguas residuales**

Contaminante	Fuente	Importancia ambiental
Sólidos suspendidos.	Uso doméstico, desechos industriales y agua infiltrada a la red.	Causa depósitos de lodo y condiciones anaerobias en ecosistemas acuáticos.
Compuestos orgánicos biodegradables.	Desechos domésticos e industriales.	Causa degradación biológica, que incrementa la demanda de oxígeno en los cuerpos receptores y ocasiona condiciones indeseables.
Microorganismos patógenos.	Desechos domésticos.	Causan enfermedades transmisibles.
Nutrientes.	Desechos domésticos e industriales.	Pueden causar eutroficación.
Compuestos orgánicos refractarios *.	Desechos industriales.	Pueden causar problemas de sabor y olor; pueden ser tóxicos o carcinogénicos.
Metales pesados	Desechos industriales, minería, etc.	Son tóxicos, pueden interferir con el tratamiento y reúso del efluente.
Sólidos inorgánicos disueltos.	Debido al uso doméstico o industrial se incrementan con respecto a su nivel en el suministro de agua.	Pueden interferir con el reúso del efluente.

Para interpretar el contenido es importante tener en cuenta que una planta de tratamiento (de agua residual) es un conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales. Una planta piloto es una planta de tratamiento a escala de laboratorio o técnica, que sirve para el estudio de la tratabilidad de un desecho líquido o la determinación de las constantes cinéticas y los parámetros de diseño del proceso. El proceso biológico es un proceso en el cual las bacterias y otros microorganismos asimilan la materia orgánica del desecho, para estabilizar el desecho e incrementar la población de microorganismos (lodos activados, filtros percoladores, digestión, etc.).

La absorción es la concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión. La acidez como la capacidad de una solución acuosa para reaccionar con iones hidroxilo. El Afluente se refiere al agua residual u otro líquido que ingrese a un reservorio, o algún proceso de tratamiento. Las aguas crudas son aguas residuales que no han sido tratadas. Las Aguas residuales municipales se refieren a las aguas de origen doméstico, comercial e institucional que contiene desechos humanos. Las aguas servidas son aguas de desecho provenientes de lavamanos, tinas de baño, duchas, lavaplatos, y otros artefactos que no descargan materias fecales. Combinado

es un sistema de alcantarillado que recibe aguas lluvias y aguas residuales de origen doméstico y/o industrial.

El desarenador es una cámara diseñada para permitir la separación gravitacional de sólidos minerales (arena). Descomposición anaerobia se refiere a la degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno molecular por efecto de microorganismos, generalmente va acompañada de la generación de ácidos y gas metano. Los desechos ácidos contienen una apreciable cantidad de acidez y se caracterizan por tener un pH bajo. Los desechos industriales son desechos líquidos de la manufactura de un producto específico, que generalmente son más concentrados y tienen mayores variaciones de caudal que los desechos domésticos. Los desechos peligrosos son aquellos potencialmente dañinos para el ambiente, debido a su toxicidad, alta capacidad de combustión, corrosividad, reactividad química u otra propiedad nociva. La Deshidratación de lodos es el proceso de remoción del agua de lodos hasta formar una pasta.

Disposición en el suelo es el reciclaje de agua residual o lodos parcialmente tratados en el terreno, bajo condiciones controladas. La disposición final es la disposición del efluente de una planta de tratamiento o de los lodos tratados. La Edad de lodo es el tiempo medio de residencia celular en el tanque de aireación. El efluente final es el líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales, el efluente líquido sale de un proceso de tratamiento. Disposición final es la disposición del efluente de una planta de tratamiento o de los lodos tratados. Filtro Anaerobio consiste en una columna llenada con varios tipos de medios sólidos usados para el tratamiento de la materia orgánica carbonácea en aguas residuales. El filtro percolador es el tanque que contiene un lecho de material grueso, compuesto en la gran mayoría de los casos de materiales sintéticos o piedras de diversas formas, sobre el cual se aplican las aguas residuales por medio de brazos distribuidores fijos o móviles.

Las Bacterias son un grupo de organismos microscópicos unicelulares, rígidos carentes de clorofila, que desempeñan una serie de procesos de tratamiento que incluyen oxidación biológica, fermentaciones, digestión, nitrificación y desnitrificación. La Biodegradación o degradación de la materia orgánica es

realizada por acción de microorganismos sobre el suelo, aire, cuerpos de agua receptores o procesos de tratamiento de aguas residuales. Coliformes son bacterias Gram negativas de forma alargada, capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35 o 37°C (Coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44 o 44.5°C se denominan Coliformes fecales y se utilizan como indicadores de contaminación biológica. La desinfección se realiza en la destrucción de bacterias y virus de origen fecal en las aguas residuales, mediante un agente desinfectante. La digestión se refiere a la descomposición biológica de la materia orgánica de un lodo en presencia de oxígeno.

El Carbón activado es la forma altamente adsorbente del carbón usado para remover olores y sustancias tóxicas de líquidos o emisiones gaseosas; en el tratamiento del agua residual este carbón se utiliza para remover materia orgánica disuelta en la misma. El Clarificador es el tanque de sedimentación rectangular o circular usado para remover sólidos sedimentables del agua residual. Cloración es la aplicación de cloro, o compuestos de cloro, al agua residual para desinfección; en algunos casos se emplea para oxidación química o control de olores. Hidrólisis es un proceso químico en el cual la materia orgánica se desdobra en partículas más pequeñas por la acción del agua. Los lechos de secado son dispositivos que eliminan una cantidad de agua suficiente de lodos para que puedan ser manejados como material sólido. El licor mixto es la mezcla de lodo activado y aguas residuales en el tanque de aireación que fluye a un tanque de sedimentación secundario en donde se sedimentan los lodos activados. El lodo biológico es un lodo excedente que se genera en los procesos biológicos de las aguas residuales. Lodos activados son procesos de tratamiento biológico de aguas residuales en ambiente químico aerobio, donde las aguas residuales son aireadas en un tanque que contiene una alta concentración de microorganismos degradadores, esta alta concentración de microorganismos se logra con un sedimentador que retiene los flóculos biológicos y los retorna al tanque aireado.

Los metales pesados son elementos tóxicos que tiene un peso molecular relativamente alto, como el plomo, plata, mercurio, cadmio, cobalto, cobre, hierro, molibdeno, níquel, zinc. Sólidos activos es la parte de los sólidos

volátiles en suspensión que representan los microorganismos. Sólidos no sedimentables es la materia sólida que no sedimenta en un período de 1 hora. El Tanque de aireación es la cámara usada para inyectar aire dentro del agua. El Tanque de compensación es el tanque utilizado para almacenar y homogenizar el desecho, eliminando las descargas violentas. El tanque séptico es un sistema individual de disposición de aguas residuales para una vivienda o conjunto de viviendas que combina la sedimentación y la digestión. Los sólidos sedimentados acumulados se remueven periódicamente y se descargan normalmente en una instalación de tratamiento.

Tratamiento avanzado es el proceso de tratamiento fisicoquímico o biológico usado para alcanzar un grado de tratamiento superior al de tratamiento secundario, puede implicar la remoción de varios parámetros, como remoción de sólidos en suspensión, complejos orgánicos disueltos, compuestos inorgánicos disueltos o nutrientes. El Tratamiento biológico son procesos de tratamiento en los cuales se intensifican la acción natural de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente (4).

2. MARCO LEGAL

2.1 Normas técnicas colombianas

2.1.1 Gestión ambiental calidad de agua.

La norma NTC-ISO 5667-10 fue ratificada por el Consejo Directivo de 1995-06-21. Esta norma puede ser modificada por su naturaleza fue producida por INCONTEC, ente privado que realiza y revisa las normas técnicas Colombianas, es actualizada según las necesidades y exigencias del momento.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 000016 Gestión ambiental calidad de agua.

ALPINA S.A.

ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES

BASF QUÍMICA

CARVAJAL S.A.

CERVECERÍA UNIÓN S.A.

COLINAGRO S.A.

ECOPETROL

EMPRESA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE BOGOTÁ

INEXTRA

INGEOMINAS

INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA S.A.

INTERCOR

LEVAPAN S.A.

PROPAL S.A.

Esta norma contiene detalles sobre muestreo de aguas residuales domésticas e industriales; es decir, el diseño de programas y técnicas de muestreo para la recolección de muestras. Cubre las aguas residuales en todas sus formas, o sea, las aguas residuales industriales y las aguas residuales domésticas

tratadas y sin tratar. El muestreo de derrames accidentales no está cobijado por esta norma, no obstante los métodos descritos aquí, en ciertos casos pueden ser aplicables a los derrames.

El objetivo de esta norma es variado pero de los más importantes es determinar la concentración de contaminantes en una corriente de aguas residuales; determinar la carga de contaminantes que transporta una corriente de aguas residuales; Proporcionar datos para la operación de una planta de tratamiento de aguas residuales; Realizar ensayos para determinar si en una descarga determinada se mantienen los límites de concentración; Realizar ensayos para determinar si en una descarga determinada se mantienen los límites de carga; Suministrar datos para el avalúo de impuestos por descarga de aguas residuales. Es esencial un programa de muestreo bien establecido para poder realizar un buen análisis de las aguas residuales realizar una verdadera evaluación de los beneficios y eficiencia de nuestras plantas de aguas residuales; en general, los objetivos del muestreo son el control de la calidad o la caracterización de la calidad. (5)

2.1.2 GTC 31 Gestión ambiental agua.

Esta norma técnica Colombiana realizada por el INCONTEC fue ratificada por el Consejo Directivo de 1996-11-27. A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta guía a través de su participación en el Comité Técnico.

- ACERA
- ACEGRASAS
- ACIPET
- ALPINA S. A.
- BAVARIA S.A.
- CERVECERIA UNIÓN S.A.
- COLINAGRO S.A.
- E.A. INGENIEROS
- ECOPETROL-ICP

- INEXTRA S.A.
- ISAGEN S.A.
- MINISTERIO DE DESARROLLO
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE
- PURIFICACIÓN Y ANÁLISIS

Esta guía describe el método para detectar y determinar el efecto agudo en organismos, ante la presencia de sustancias tóxicas o mezcla de ellas, contenidas en las aguas naturales o residuales y permite obtener el límite o cantidad máxima que pueden soportar los organismos, conocida como concentración letal media.

Aquí describen los métodos para saber el nivel de toxicidad hasta qué punto no va afectar a la flora y la fauna: evaluando la toxicidad de un vertimiento, determinando los niveles de toxicidad de lixiviados Implementando sistemas de alarma en vertimientos e identificando los procesos de bioacumulación o biomagnificación de sustancias tóxicas en organismos acuáticos (6)

2.2 Normas técnicas en Latinoamérica

Norma Boliviana NB 688-01

La revisión y actualización de la Norma Boliviana NB 688-01 "Instalaciones Sanitarias - Alcantarillado Sanitario, Pluvial y Tratamiento de Aguas Residuales (Segunda revisión)", estuvo a cargo de la Dirección General de Saneamiento Básico (DIGESBA) del Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos bajo la dirección del Ing. Álvaro Camacho G. Director Nacional de DIGESBA y ha sido encomendada al Comité Técnico Normalizador N° 12.14 "Instalaciones Sanitarias", integrado por las siguientes personas e instituciones:

REPRESENTANTE ENTIDAD

Alcides Franco P.A.S. - V.M.S.B. (Coordinador)

Grover Rivera I.I.S. - UMSA

Raúl Barrientos S.I.B. - LA PAZ

Fradly Torrico A.B.I.S. - LA PAZ - F.P.S. Rony Vega ANESAPA

Oswaldo Sánchez F.N.D.R.

Marcelo Tarrazas F.N.D.R.

Carlos Gámez S.I.S.A.B.

Jorge Mostacedo S.I.S.A.B.

Gonzalo Dalence IBNORCA

Juan Ballón DIGESBA - V.M.S.B.

Fecha de aprobación por el Comité Técnico Normalizador 2001 - 10 - 26

Fecha de aprobación por el Consejo Rector de Normalización 2001-11-29

Fecha de ratificación por la Directiva de IBNORCA 2001-12-14

La presente Norma Técnica de Diseño para Sistemas de Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Residuales, elaborada por la Dirección General de Saneamiento Básico del Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos, en coordinación con el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad - IBNORCA, constituye uno de los instrumentos normativos más importantes que nos coadyuvará a la ejecución del Plan Nacional de Saneamiento Básico, 2001-2010. Uno de los grandes desafíos que tiene el sector de Saneamiento Básico en el próximo decenio, es satisfacer la creciente demanda de servicios para la evacuación de aguas residuales y el tratamiento de las mismas.

Para cumplir las metas del Plan Decenal, se requiere de un gran esfuerzo económico que permita satisfacer las inversiones crecientes en estos servicios. La revisión y actualización de la Norma Técnica está dirigida a optimizar los costos de inversión y presenta opciones técnicas que permitirán el acceso de una mayor cantidad de beneficiarios, particularmente de los más pobres, a estos servicios.

La Norma Técnica recoge en la presente versión, las últimas experiencias de la aplicación del sistema de alcantarillado condominial en Bolivia, que partiendo de una iniciativa conjunta entre la empresa privada, la asistencia técnica del Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial (PAS), la Cooperación Técnica del Gobierno de Suecia (Asdi) y el Gobierno de Bolivia, a través del Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos, permitirá la réplica e institucionalización del mismo a nivel nacional.

En el proceso de consulta con profesionales del sector se realizaron cuatro talleres regionales, recogiendo los aportes, comentarios y recomendaciones de

acuerdo a las condiciones locales, los mismos que fueron incorporados en la nueva normativa.

El Ministerio de Vivienda y Servicios Básicos, destaca el esfuerzo desarrollado por el Comité Técnico de Normalización, para la revisión y actualización de la presente Norma. Estamos seguros que este esfuerzo, contribuirá al desarrollo del sector y será una herramienta imprescindible para los profesionales relacionados con la ingeniería sanitaria (7).

2.3 Constitución, Leyes , decretos y resoluciones

2.3.1 Decreto 2811 de 1974

En este decreto es dictado por el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. El ambiente es patrimonio común. El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social.

La preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social.

Fundado en el principio de que el ambiente es patrimonio común de la humanidad y necesario para la supervivencia y el desarrollo económico y social de los pueblos, este Código tiene por objeto: lograr la preservación y restauración del ambiente y la conservación, mejoramiento y utilización racional de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad que aseguren el desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, la disponibilidad permanente de éstos y la máxima participación social, para beneficio de la salud y el bienestar de los presentes y futuros habitantes del territorio nacional. Las plantas de aguas residuales son una herramienta para ayudar a mantener y preservar el agua potable en nuestro entorno. (8)

2.3.2 Ley 9 de 1979

En esta ley para la protección del Medio Ambiente establece:

- a) Las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar u mejorar las condiciones necesarias en lo que se relaciona a la salud humana.
- b) Los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de los descargos de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente.

Para los efectos de aplicación de esta Ley se entenderán por condiciones sanitarias del ambiente las necesarias para asegurar el bienestar y la salud humana. Las normas de protección de la calidad de las aguas se aplicarán tanto a unas como a otras.

Del control sanitario de los usos del agua.

Para el control sanitario de los usos del agua se tendrán en cuenta las siguientes opciones, sin que su enunciación indique orden de prioridad.

- a) Consumo humano;
- b) Doméstico;
- c) Preservación de la flora y fauna;
- d) Agrícola y pecuario;
- e) Recreativo;
- f) Industrial;
- g) Transporte.

El Ministerio de Salud establecerá cuales usos que produzcan o puedan producir contaminación de las aguas, requerirán su autorización previa a la concesión o permiso que otorgue la autoridad competente para el uso del recurso.

El Ministerio de Salud queda facultado para establecer las características deseables y admisibles que deben tener las aguas para efectos del control sanitario.

En la determinación de las características deseables y admisibles de las aguas deberá tenerse en cuenta por lo menos, uno de los siguientes criterios:

- a) La preservación de sus características naturales;
- b) La conservación de ciertos límites acordes con las necesidades del consumo humano y con el grado de desarrollo previsto en su área de influencia.
- c) El mejoramiento de sus características hasta alcanzar las calidades para consumo humano y las metas propuestas para un conveniente desarrollo en el área de influencia.

Todo usuario de las aguas deberá cumplir, además de las disposiciones que establece la autoridad encargada de administrar los recursos naturales, las especiales que establece el Ministerio de Salud.

La descarga de residuos en las aguas deberá ajustarse a las reglamentaciones que establezca el Ministerio de Salud para fuentes receptoras (9).

2.3.3 Decreto 1594 de 1984

Esta norma declara las condiciones y los compuestos permitidos del vertimiento de líquidos. Cuando quiera que el presente Decreto se refiera a recurso, se entenderá por tallas aguas superficiales, subterráneas y marinas, incluidas las aguas servidas. La sigla EMAR utilizada en el presente Decreto, corresponde a la entidad encargada del manejo y administración del recurso (10).

2.3.4 Marco constitucional de 1991

La Constitución Política de Colombia de 1991 con sus 380 artículos cuenta con más de 35 de ellos que de forma directa hablan del medio ambiente y los recursos naturales, los siguientes artículos de la Constitución, ofrecen una mayor ilustración:

ARTÍCULO 1o. Colombia es un Estado social de derecho, organizado en forma de República unitaria, descentralizada, con autonomía de sus entidades territoriales, democrática, participativa y pluralista, fundada en el respeto de la dignidad humana, en el trabajo y la solidaridad de las personas que la integran y en la prevalencia del interés general.

ARTÍCULO 2o. Son fines esenciales del Estado: servir a la comunidad, promover la prosperidad general y garantizar la efectividad de los principios, derechos y deberes consagrados en la Constitución; facilitar la participación de todos en las decisiones que los afectan y en la vida económica, política, administrativa y cultural de la Nación; defender la independencia nacional, mantener la integridad territorial y asegurar la convivencia pacífica y la vigencia de un orden justo.

Las autoridades de la República están instituidas para proteger a todas las personas residentes en Colombia, en su vida, honra, bienes, creencias, y demás derechos y libertades, y para asegurar el cumplimiento de los deberes sociales del Estado y de los particulares.

ARTÍCULO 8o. Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.

ARTÍCULO 49. La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las personas el acceso a los servicios de promoción y recuperación de la salud.

Corresponde al Estado, organizar, dirigir y reglamentar la prestación de servicios de salud a los habitantes y de saneamiento ambiental conforme a los principios de eficiencia, universalidad y solidaridad. También establecer las políticas para la prestación de servicios de salud por entidades privadas, y ejercer su vigilancia y control. Así mismo, establecer las competencias de la Nación, las entidades territoriales y los particulares, y determinar los aportes a su cargo en los términos y condiciones señalados en la Ley. . .

ARTÍCULO 58. Artículo modificado por el artículo 1o. del Acto Legislativo 1 de 1999. El nuevo texto es el siguiente: Se garantizan la propiedad privada y los demás derechos adquiridos con arreglo a las leyes civiles, los cuales no pueden ser desconocidos ni vulnerados por leyes posteriores. Cuando de la aplicación de una ley expedida por motivos de utilidad pública o interés social, resultaren en conflicto los derechos de los particulares con la necesidad por ella reconocida, el interés privado deberá ceder al interés público o social.

ARTÍCULO 67.- La educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social; con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica y a los demás bienes y valores de la cultura.

La educación formará al colombiano en el respecto a los derechos humanos, a la paz y a la democracia; y en la práctica del trabajo y la recreación, para el mejoramiento cultural, científico, tecnológico y para la protección del ambiente. ...

ARTÍCULO 79.- Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

ARTÍCULO 80.- El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

ARTÍCULO 82. Es deber del Estado velar por la protección de la integridad del espacio público y por su destinación al uso común, el cual prevalece sobre el interés particular.

Las entidades públicas participarán en la plusvalía que genere su acción urbanística y regularán la utilización del suelo y del espacio aéreo urbano en defensa del interés común.

ARTÍCULO. 95...Toda persona está obligada a cumplir la Constitución y las Leyes. Son deberes de la persona y del ciudadano: Numeral 8. Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.

ARTÍCULO 215. Cuando sobrevengan hechos distintos de los previstos en los artículos 212 y 213 que perturben o amenacen perturbar en forma grave e inminente el orden económico, social y ecológico del país, o que constituyan grave calamidad pública, podrá el Presidente, con la firma de todos los ministros, declarar el Estado de Emergencia por períodos hasta de treinta días en cada caso, que sumados no podrán exceder de noventa días en el año calendario.

ARTÍCULO 268. El Contralor General de La República tendrá las siguientes atribuciones: 7. Presentar al Congreso de la República un informe anual sobre el estado de los recursos naturales y del ambiente.

ARTÍCULO 277. El Procurador General de la Nación, por sí o por medio de sus delegados y agentes, tendrá las siguientes funciones: 4. Defender los intereses colectivos, en especial el ambiente.

ARTÍCULO 282. El Defensor del Pueblo velará por la promoción, el ejercicio y la divulgación de los derechos humanos, para lo cual ejercerá las siguientes funciones: 5. Interponer acciones populares en asuntos relacionados con su competencia como mecanismo de protección del ambiente.

ARTÍCULO 302. La ley podrá establecer para uno o varios Departamentos diversas capacidades y competencias de gestión administrativa y fiscal distintas a las señaladas para ellos en la Constitución, en atención a la necesidad de mejorar la administración o la prestación de los servicios públicos de acuerdo con su población, recursos económicos y naturales y circunstancias sociales, culturales y ecológicas.

ARTÍCULO. 313.- Corresponde a los concejos: Numeral 9. Dictar las normas necesarias para el control, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural del municipio.

ARTÍCULO 317. Solo los municipios podrán gravar la propiedad inmueble. Lo anterior no obsta para que otras entidades impongan contribución de valorización.

La ley destinará un porcentaje de estos tributos, que no podrá exceder del promedio de las sobretasas existentes, a las entidades encargadas del manejo y conservación del ambiente y de los recursos naturales renovables, de acuerdo con los planes de desarrollo de los municipios del área de su jurisdicción.

ARTÍCULO. 330.- De conformidad con la constitución y las leyes, los territoriales indígenas estarán gobernados por consejos conformados y reglamentados según los usos y costumbres de sus comunidades y ejercerán las siguientes funciones:

...1.- Velar por la aplicación de las normas legales sobre usos del suelo y doblamiento de sus territorios.

..5. Velar por la preservación de los recursos naturales.

Parágrafo.- La explotación de los recursos naturales en los territorios indígenas se hará sin desmedro de la integridad cultural, social y económica de las comunidades indígenas. En las decisiones que se adopten respecto a dicha explotación, el Gobierno propiciara la participación de los representantes de las respectivas comunidades.

ARTÍCULO 332. El Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes

ARTÍCULO. 334.- La dirección general de la economía estará a cargo del Estado, Este intervendrá, por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales en el uso del suelo, en la producción, distribución y utilización y consumo de los bienes y en los servicios públicos y privados, para racionalizar la economía con el fin de conseguir el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación de un ambiente sano. ...

ARTÍCULO. 360.- La ley determinará las condiciones para la explotación de los recursos naturales no renovables así como los derechos de las entidades territoriales sobre los mismos.

La explotación de un recurso natural no renovable causará a favor del Estado, una contraprestación económica a título de regalía, sin perjuicio de cualquier otro derecho o compensación que se pacte.

Los departamentos y municipios en cuyo territorio se adelanten explotaciones de recursos naturales no renovables, así como los puertos marítimos y fluviales por donde se transporten dichos recursos o productos derivados de los mismos tendrán derecho a participar en las regalías y compensaciones.

ARTÍCULO. 361.- Con los ingresos provenientes de las regalías que no sean asignados a los departamentos y municipios se creará un Fondo Nacional de Regalías cuyos recursos se destinarán a las entidades territoriales en los términos que señale la ley. Estos fondos se aplicarán a la promoción de la minería, a la preservación del ambiente y a financiar proyectos regionales de inversión definidos como prioritarios en los planes de desarrollo de las respectivas entidades territoriales.

ARTÍCULO. 366. – El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfactoria de salud, educación, de saneamiento y de agua potable (11).

2.3.5 Ley 99 de 1993

La política ambiental colombiana seguirá los siguientes principios generales:

1. El proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo.
2. La biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible.
3. Las políticas de población tendrán en cuenta el derecho de los seres humanos a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.
4. Las zonas de páramos, sub-páramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial.
5. En la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso.
6. La formulación de las políticas ambientales tendrán en cuenta el resultado del proceso de investigación científica. No obstante, las autoridades

ambientales y los particulares darán aplicación al principio de precaución conforme al cual, cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente.

7. El Estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables.

8. El paisaje por ser patrimonio común deberá ser protegido.

9. La prevención de desastres será materia de interés colectivo y las medidas tomadas para evitar o mitigar los efectos de su ocurrencia serán de obligatorio cumplimiento.

10. La acción para la protección y recuperación ambientales del país es una tarea conjunta y coordinada entre el Estado, la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado. El Estado apoyará e incentivará la conformación de organismos no gubernamentales para la protección ambiental y podrá delegar en ellos algunas de sus funciones.

11. Los estudios de impacto ambiental serán el instrumento básico para la toma de decisiones respecto a la construcción de obras y actividades que afecten significativamente el medio ambiente natural o artificial.

12. El manejo ambiental del país, conforme a la Constitución Nacional, será descentralizado, democrático y participativo.

13. Para el manejo ambiental del país, se establece un Sistema Nacional Ambiental, SINA, cuyos componentes y su interrelación definen los mecanismos de actuación del Estado y la sociedad civil

14. Las instituciones ambientales del Estado se estructurarán teniendo como base criterios de manejo integral del medio ambiente y su interrelación con los procesos de planificación económica, social y física (12).

2.3.6 Ley 42 de 1993

El Control fiscal en su artículo 8: La vigilancia de la gestión fiscal del Estado se fundamenta en la eficacia, la economía, la eficiencia, la equidad, y la valoración

de los costos ambientales, de tal manera que permita determinar en la administración, en un período determinado, que la asignación de recursos sea la más conveniente para maximizar sus resultados; que en igualdad de condiciones de calidad los bienes y servicios se obtengan al menor costo, que sus resultados se logren de manera oportuna y guarden relación con sus objetivos y metas. Así mismo, que permita identificar los receptores de la acción económica y analizar la distribución de costos y beneficios entre sectores económicos y sociales y entre entidades territoriales y cuantificar el impacto por el uso o deterioro de los recursos naturales y el medio ambiente y evaluar la gestión de protección, conservación, uso y explotación de los mismos (13).

2.3.7 Ley 142 de 1994

Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural; a las actividades que realicen las personas prestadoras de servicios públicos.

El objeto es garantizar la calidad del bien objeto del servicio público y su disposición final para asegurar el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios. Atención prioritaria de las necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento básico (14).

2.3.8 Resolución 1096 de 2000

“Por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico, RAS”.

Considera que corresponde al Ministerio de Desarrollo Económico, formular la política de gobierno en materia social del país relacionada con la competitividad, integración y desarrollo de los sectores productivos del agua potable y saneamiento básico y expedir resoluciones, circulares y demás actos administrativos de carácter general o particular necesarios para el cumplimiento de sus funciones;

ARTICULO 86, ARTICULO 119 tratamiento y manejo de lodos.

ARTICULO 121 Sistemas de instrumentación y control.

ARTICULO 175Desinfección de los efluentes de las PTAR. El proceso de desinfección debe realizarse en el efluente de plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), cuando este último pueda crear peligros para la salud de las comunidades aguas abajo de la descarga. El proceso de desinfección que se utilice debe seleccionarse después de la debida consideración de: caudal de aguas residuales a tratar; calidad final deseada de desinfección; razón de aplicación y demanda; el pH del agua que va a desinfectarse; costos del equipo y suministros y disponibilidad.

ARTICULO 176Manejo de lodos en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Todos los niveles de complejidad deben contemplar el manejo de lodos en su sistema de tratamiento de aguas residuales. Para esto, deben presentarse balances de masa de los procesos con los trenes de tratamiento de agua y lodos. Los efluentes líquidos del tren de lodos deben integrarse en los balances de masa del tren líquido. Además deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones: No deben descargarse dichos efluentes a cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Los lodos primarios deben estabilizarse; se debe establecer un programa de control de olores; se debe establecer un programa de control de vectores. Además se debe hacer una caracterización de los siguientes parámetros en los lodos: sólidos suspendidos, sólidos totales, nitrógeno total Kjeldahl, fósforo y metales; adicionalmente para el nivel alto de complejidad, cromo, plomo, mercurio, cadmio, níquel, cobre y zinc (15).

2.3.9 CONPES 3177 de 2002

ACCIONES PRIORITARIAS Y LINEAMIENTOS PARA LA FORMULACION DEL PLAN NACIONAL DE MANEJO DE AGUAS RESIDUALES

Este documento somete a consideración del CONPES las acciones prioritarias y los lineamientos para la formulación del Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales (PMAR) con el fin de promover el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico de la Nación.

La política de agua potable y saneamiento básico establece la necesidad de formular un Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales donde sea viable y sostenible económica, social y ambientalmente. Para ello se requiere la articulación de instrumentos económicos y financieros y recursos para la inversión en tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta la vulnerabilidad de las fuentes hídricas, así como la capacidad de pago de la población, la sostenibilidad financiera e institucional de las empresas para la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado y las metas de aumento de coberturas de dichos servicios. En junio de 1999 se definió una agenda conjunta de trabajo entre los Ministerios de Desarrollo Económico (MDE) y de Medio Ambiente (MMA), en la cual se propusieron líneas de acción en materia de política, regulación, fortalecimiento institucional y proyectos sectoriales. En el marco de esta Agenda, los Ministerios y el Departamento Nacional de Planeación (DNP) han llevado a cabo diversas acciones, llegando a acuerdos entre los que se destacan los siguientes: necesidad de articular los instrumentos de las políticas sectoriales de agua potable y saneamiento básico y de medio ambiente para la formulación del PMAR que promueva la descontaminación y mejoramiento de la calidad de los cuerpos hídricos.

Dicho Plan deberá tener en cuenta las condiciones socioeconómicas de los municipios y de los usuarios de los servicios, construir criterios y metodologías para realizar una identificación de las inversiones requeridas en descontaminación de los cuerpos de agua de la Nación y priorizar los principios que requieren atención inmediata y que a su vez cuenten con las condiciones ambientales, técnicas e institucionales requeridas para la construcción de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, realizar una priorización de las inversiones en tratamiento de aguas residuales, se realizara cobro en las tarifas del agua para recuperar las aguas ya contaminadas por uso doméstico o industrial.

La contaminación de un cuerpo de agua depende del tamaño y calidad del vertimiento así como del tamaño de la fuente y su capacidad de asimilación. Los cuerpos hídricos del país son receptores de vertimientos de aguas residuales y su calidad se ve afectada principalmente por los vertimientos no controlados provenientes del sector agropecuario, doméstico e industrial.

Estrategias en el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: El Gobierno Nacional ha desarrollado las siguientes estrategias: i) aumento de coberturas de los servicios de acueducto y alcantarillado, ii) ampliación del tratamiento de aguas residuales, y iii) desarrollo de esquemas tarifarios que permitan financiar los costos de inversión y operación de los sistemas de acueducto y alcantarillado.

Ampliación del tratamiento de aguas residuales: Con el fin de avanzar en la descontaminación del recurso hídrico, el MMA conjuntamente con las Autoridades Ambientales Regionales -CAR- (Corporaciones Autónomas Regionales, Corporaciones para el Desarrollo Sostenible y Autoridades Ambientales de los Grandes Centros urbanos) ha venido apoyando la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales. En la actualidad existen 237 plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas¹⁰ construidas en 235 municipios, que tratan cerca del 8% de los vertimientos producidos por éstos. Sin embargo, gran parte de estos sistemas de tratamiento de aguas residuales presentan deficiencias en cuanto a su capacidad y no cumplen con el proceso completo de tratamiento.

Así mismo, aunque la Ley 142 de 1994 contempla la recuperación de los costos de operación y mantenimiento, en la mayoría de los casos estos no fueron incluidos en la estructura de costos de los prestadores, y a la fecha no ha sido posible garantizar la sostenibilidad de dichas inversiones. Las Empresas de Servicios Públicos (ESP), especialmente de las grandes ciudades han realizado inversiones en tratamiento de aguas residuales, incluida la construcción de colectores e interceptores para recolectarlas (16).

2.3.10 Decreto 3440 de 2004

ARTÍCULO 3º. Del cobro de la Tasa Retributiva. Las Autoridades Ambientales Competentes cobrarán la tasa retributiva por los vertimientos puntuales realizados a los cuerpos de agua en el área de su jurisdicción, de acuerdo a los Planes de Ordenamiento del Recurso establecidos en el Decreto 1594 de 1984 o en aquellas normas que lo modifiquen o sustituyan.

Para el primer quinquenio de cobro, en ausencia de los Planes de Ordenamiento del Recurso, las Autoridades Ambientales Competentes podrán utilizar las evaluaciones de calidad del recurso disponible.

ARTÍCULO 2º. Modificase la siguiente definición contenida en el artículo 4º del Decreto 3100 de 2003:

"Proyectos de inversión en descontaminación hídrica. Son todas aquellas inversiones cuya finalidad sea mejorar la calidad físico químico y/o bacteriológico de los vertimientos o del recurso hídrico. Incluyen la elaboración y ejecución de los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico.

Igualmente, comprende inversiones en interceptores, emisarios finales y sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y, hasta un 10% del recaudo de la tasa podrá utilizarse para la cofinanciación de estudios y diseños asociados a los mismos"(17).

3. SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN COLOMBIA

El primer sistema de tratamiento en la humanidad que se utilizó fue anaerobio: pozo séptico. En 1887 A.N. Talbot de Urbana (Illinois) le colocó baffles a dicho pozo. En 1905 Karl Imhoff, ingeniero alemán separa las dos fases del proceso: sedimentación y digestión.

El gran avance fue el proceso de mineralización de lodos en periodos largos de retención, haciendo más segura e inofensiva la disposición (18).

La primera planta de tratamiento de aguas residuales en Colombia (Vitelma), fue construida en 1.933 en Bogotá (19).

3.1 Tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales

3.1.1 Por tipo de proceso:

- Procesos físicos: Remoción de Material en suspensión, rejillas, trituradores, sedimentador primario, espesadores y filtración.
- Procesos químicos: Aplicación de productos químicos para la eliminación o conversión de los contaminantes. Precipitación, adsorción y desinfección.
- Procesos biológicos: Se llevan a cabo gracias a la actividad biológica de los microorganismos. Eliminación de las sustancias orgánicas biodegradables presentes, eliminación del N y P y producción de gases (20).

3.1.2 Por el grado de tratamiento:

Tratamientos preliminares

- Cribado: Rejas o rejillas de barras metálicas paralelas e igualmente espaciadas. Su función es retener sólidos gruesos que floten o que se encuentren suspendidos en el agua. Pueden ser de limpieza manual (gruesas) o de limpieza mecánica (finas) (20).

- Tamices estáticos: Es un filtro utilizado para la separación sólido-líquida en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (E.D.A.R.). Este equipo se instala como pre tratamiento en aguas industriales, con luces de 0,5 a 1 mm, para eliminar los gruesos en industrias papeleras, textiles, de curtidos, lavaderos, conserveras, mataderos y lácteas. El tamiz estático también se emplea como tratamiento primario en aguas urbanas, con luces de malla de 1 a 1,5 mm (21).
- Trituradores de canal: Reduce los sólidos de aguas servidas con sus poderosos trituradores dobles y una avanzada tecnología de barrido. Se emplean para triturar los sólidos gruesos con objeto de mejorar las operaciones y procesos que se llevan luego a cabo y para eliminar los problemas que producen los diferentes tamaños de los sólidos presentes en el agua residual. Los sólidos se trituran para conseguir partículas de tamaño menor y más uniforme. Su empleo resulta especialmente ventajoso en las estaciones de bombeo para la protección de las bombas frente a problemas de obstrucciones producidas por objetos de gran tamaño, y para evitar tener que manejar y eliminar manualmente residuos (22).
- Homogenización o tanques de igualación: Son tanques que sirven para regular o disminuir los efectos de la variación del flujo o de la concentración de las aguas residuales. Estos tanques son indispensables en el tratamiento de las aguas residuales industriales y a veces se utilizan en las instalaciones municipales. Un tanque de igualación es un depósito con capacidad suficiente para contener el flujo de agua que sobrepasa un determinado valor.
- Desarenadores: Estructuras destinadas a remover arenas y otros guijarros presentes en las aguas residuales. Los desarenadores pueden ser rectangulares o circulares; de flujo horizontal o helicoidal; aireados o no; de limpieza manual o mecánica. Tienen como función prevenir la abrasión de equipos mecánicos, evitar la sedimentación de arenas en tuberías, canales y tanques ubicados aguas abajo.

Tratamientos primarios: Reducen los sólidos en suspensión del agua residual.

- **Sedimentación:** La sedimentación es un proceso físico que aprovecha la diferencia de densidad y peso entre el líquido y las partículas suspendidas. Los sólidos, más pesados que el agua, se precipitan produciéndose su separación del líquido. La sedimentación primaria aplica para partículas floculentas (con o sin coagulación previa). Los sedimentadores pueden ser circulares o rectangulares.

Foto 1. Sistema de sedimentación – Colcerámica -.



- **Flotación:** Es un proceso utilizado para la separación de partículas sólidas o líquidas en un medio líquido. En el tratamiento de las aguas residuales se utiliza para remover aceites y grasas y también para aglutinar sólidos suspendidos. La separación se consigue por flotación simple o introduciendo burbujas muy finas de aire en la masa líquida para que arrastren las partículas suspendidas hacia la superficie (DAF) (20).

Foto 2. Tratamiento fisicoquímico con celda de Flotación – SEAFAM -.



- **Coagulación:** Es el proceso por el que los componentes de una suspensión o dilución estables son desestabilizados por suspensión de las fuerzas que mantienen su estabilidad, por medio de coagulantes químicos (23).

Tratamientos secundarios: Remoción de la DBO soluble y de sólidos suspendidos que no son removidos en los procesos anteriores; aproximadamente el 85% de DBO y SS, aunque la remoción de nutrientes, nitrógeno, fosforo, metales pesados y patógenos es baja. Las reacciones que generan estos procesos son generalmente biológicas (18).

- **Sistema de biomasa en suspensión –Lodos activados-:** Desarrollado por Arden y Lockett en Inglaterra en 1914. El nombre del proceso se deriva de la formación de una masa de "microorganismos activos" capaz de estabilizar un desecho orgánico bajo en condiciones aerobias. El ambiente aerobio se logra mediante aireación difusa o mecánica en un tanque de aireación. Después de tratado el residuo en el tanque de aireación, la biomasa es separada en un sedimentador secundario (20).

En esencia es la agitación y aireación de una mezcla de agua residual y lodos biológicos, a medida que las bacterias reciben el oxígeno, consumen la materia orgánica del agua residual y la transforma en sustancias más simples. Este caldo bacteriano recibe el nombre de lodo activado. La mezcla de lodos activados y agua residual recibe el nombre de licor mezclado que se lleva a un tanque de sedimentación para su purga (18).

Foto 3. Sistema de lodos activados



- Sistema de biomasa adherida: Los microorganismos se encuentran pegados a un medio de soporte que puede ser de plástico, piedra o cualquier otro material inerte. Dependiendo de las condiciones ambientales que rodean el medio de soporte, los sistemas de biomasa adherida pueden ser aerobios o anaerobios (20).

3.2 Sistema de Tratamiento de agua residual en Colombia

3.2.1. Plantas de tratamiento:

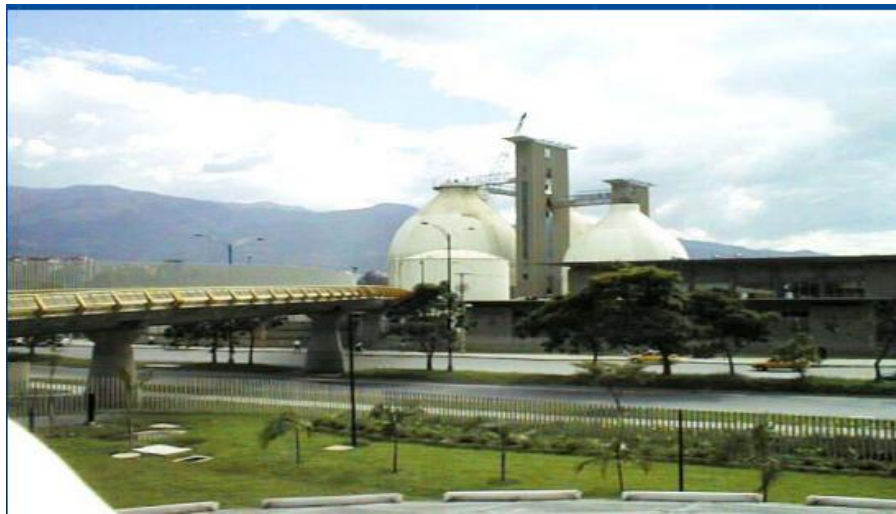
- Sistema anaeróbico: Proceso simple y sencillo de operar, aplicable en pequeña, mediana y gran escala, para residuos industriales y domésticos. Presenta una baja producción de lodos (estabilizados), un bajo o nulo consumo de energía (eventualmente bombeo), son instalaciones compactas que demandan poco espacio. Constituyen una fuente de energía alternativa (CH_4) y permiten la aplicación de elevadas cargas orgánicas (superiores a 30 kg DQO/m³.d). El lodo anaerobio puede permanecer sin alimento mucho tiempo y el arranque de los reactores es rápido con una apropiada inoculación.

Sin embargo emite olores desagradables (H_2S), tiene una sensibilidad a bajas temperaturas, al cambio brusco de pH y a la presencia de oxígeno disuelto. Es lento el proceso de arranque y por ello largos períodos para estabilización (inóculos). Calidad de efluente inferior a los procesos aeróbicos, por eso se requiere un pos tratamiento para cumplir con los niveles de calidad usualmente exigidos. Algunos subproductos provocan corrosión en las estructuras del sistema.

Tradicionalmente la digestión anaerobia ha sido utilizada para la estabilización de lodos primarios y secundarios en las plantas convencionales municipales. Las principales aplicaciones de la tecnología anaerobia se presentan en residuos industriales con alta carga contaminante, por el beneficio que reporta en términos de ahorro energético. Los procesos de estabilización anaerobia también se han venido

utilizando para el tratamiento directo de residuos líquidos, especialmente como tratamiento primario. Es recomendado este tipo de tratamiento en la industria alimenticia de destilerías, cervecerías, refinerías de azúcar, industria láctea, procesamiento de frutas, mataderos, jugos y refrescos y de enlatados y conservas. En la industria de pulpa y papel, química, textil, farmacéutica y petroquímica.

Foto 4. Digestores PTAR San Fernando – Medellín-



Los reactores anaerobios se clasifican de manera similar a los procesos aerobios: Existen reactores de biomasa en suspensión y reactores de biomasa adherida. Igualmente existen reactores de baja carga y reactores de alta tasa. Otra manera de clasificarlos es con base en el proceso evolutivo: primera generación, segunda generación y tercera generación.

Normalmente los pos tratamientos más utilizados son sistemas aerobios:

Lodos activados, filtros percoladores y lagunas de estabilización (24).

- Sistema aeróbico: El proceso básico de tratamiento es proporcionar un medio de alto contenido de oxígeno para que los organismos puedan degradar la porción orgánica de los desecho a dióxido de carbono y agua en presencia de oxígeno. No ha sido posible en pequeña escala. Son similares a los sistemas sépticos o anaeróbico en cuanto a que los dos usan procesos naturales para el tratamiento del agua residual. Las unidades de

tratamiento aeróbico, usan un mecanismo de inyección y circulación de aire dentro del tanque de tratamiento. Los sistemas aeróbicos usan procesos de tasas más rápidas, lo cual permiten que loguen una mejor calidad del efluente. El efluente puede ser descargado en forma subsuperficial como en los campos de infiltración de los tanques sépticos, o algunas veces descargados directamente a la superficie (25).

- **Floculación iónica:** No requiere ningún insumo químico ni orgánico. El tiempo de proceso de potabilización es muy rápido (4 horas). Trata de manera eficiente residuos orgánicos e inorgánicos. Trabaja a cualquier temperatura, grado de saturación, acidez o alcalinidad. Utiliza energía eléctrica de bajo voltaje (tipo casa habitación). Los costos de Instalación, operación y mantenimiento son muy bajos. Las plantas de tratamiento son modulares y pueden ser pequeñas y portátiles, o de las dimensiones que se requieran, ocupan menos del 50 % de la superficie de terreno que las plantas actuales.

Foto 5. Sistema de floculación iónica



Este tipo de sistema originario de México, se está introduciendo hasta ahora en el país (26).

3.2.2 Lagunas de oxidación o de estabilización

Es una pileta de tierra poco profunda de 1 a 2 metros, que se utiliza para el tratamiento biológico de diversos efluentes municipales e industriales. Las condiciones del estanque varían de aerobia a facultativas (en parte aeróbica, en parte anaeróbicas), y hasta anaeróbicas, dependiendo del suministro de aireación complementaria, de la profundidad del estanque y del grado de mezcla natural o inducida. Casi todos los estanques son facultativos, aquí los sólidos sedimentables retenidos sufren descomposición aerobia en el fondo del estanque que los residuos orgánicos solubles son transformados en CO_2 y agua para las bacterias aerobias de los niveles superiores. Las algas fotosintéticas utilizan el CO_2 y producen oxígeno para las bacterias (una relación simbiótica). Es difícil eliminar las algas de los estanques de oxidación ya que tienden a escapar con el efluente, con lo cual provocan que la DBO y los sólidos suspendidos de los efluentes excedan los límites de descarga (27).

Foto 6. Laguna de oxidación – Rovira, Tolima -



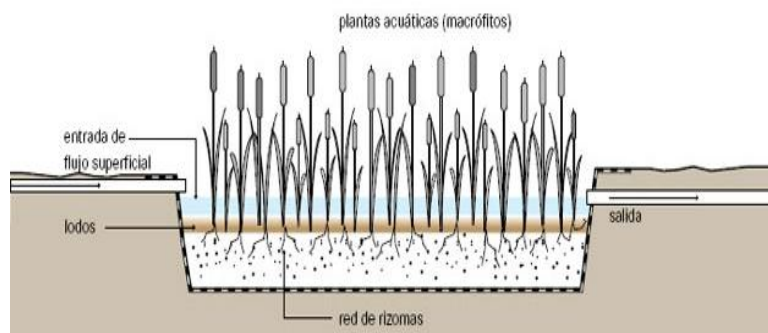
3.2.3 Humedales

Se consideran humedales, las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea

baja no exceda de seis metros (28). Los sistemas naturales de tratamiento (SN) están surgiendo como alternativas de bajo costo, fáciles de operar y eficientes en comparación con los sistemas de tratamiento convencional para una amplia gama de aguas residuales. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales basados en macrófitas acuáticas (plantas que crecen en suelos saturados de agua) tienen una función vital en relación con la depuración del agua residual. Los humedales están entre los ecosistemas más importantes de la tierra por sus condiciones hidrológicas, y porque constituyen un enlace entre sistemas terrestres y acuáticos. Un humedal artificial (Wetland) es un sistema complejo de medio saturado, diseñado y construido por el hombre, con vegetación sumergida y emergente y vida animal acuática que simula un humedal natural para el uso y beneficio humano.

- De flujo superficial: Los sistemas de humedales se describen típicamente por la posición de la superficie del agua y/o el tipo de vegetación presente. La mayoría de los humedales naturales son sistemas de flujo libre superficial en los cuales el agua está expuesta a la atmósfera; estos incluyen a los fangales (principalmente con vegetación de musgos), las zonas pantanosas (principalmente de vegetación arbórea), y las praderas inundadas (principalmente con vegetación herbácea y plantas macrófitas emergentes). En el caso de los humedales FLS esos sustratos son las porciones sumergidas de las plantas vivas, los detritos vegetales, y la capa béntica del suelo (29).

Figura 1. Esquema de un Humedal de Flujo Superficial libre

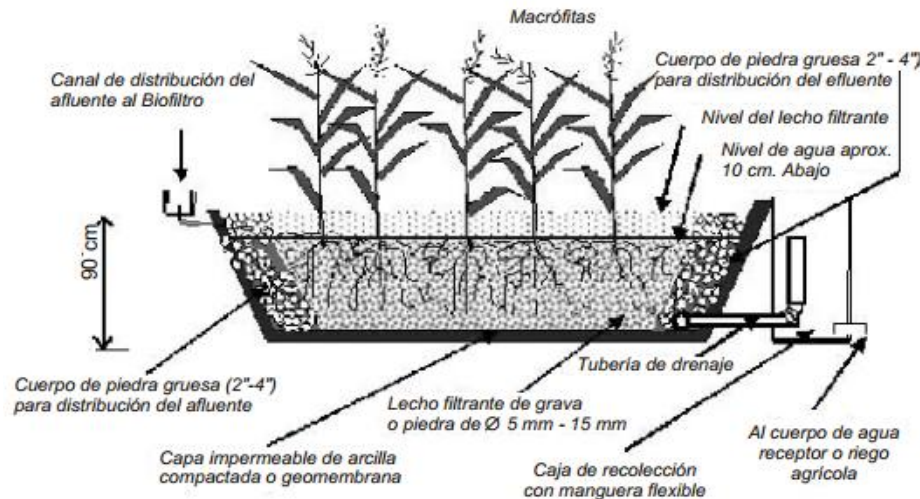


- Subsuperficial: Los humedales de flujo subsuperficial (HFS) se diseñan y construyen para que el agua fluya a través de la zona radicular de la vegetación y por lo tanto no presentan una superficie libre de flujo. Este sistema consiste en una excavación que contiene un lecho de material filtrante que generalmente es grava, el cual soporta el crecimiento de la vegetación emergente. En esencia, un humedal de flujo subsuperficial se clasifica como un sistema de tratamiento de película fija (Metcalf and Eddy, 1991)

Los contaminantes en los sistemas con macrófitas son removidos por una variedad compleja de procesos biológicos, físicos y químicos, incluyendo sedimentación, filtración, adsorción en el suelo, degradación microbológica, nitrificación y denitrificación, decaimiento de patógenos y metabolismo de las plantas. Las macrófitas remueven contaminantes por asimilación directa dentro de sus tejidos, además proveen superficie de contacto y un ambiente adecuado para que los microorganismos transformen los contaminantes y reduzcan sus concentraciones. La transferencia de oxígeno dentro de la zona radicular es otro proceso que contribuye a la remoción de contaminantes por la creación de un ambiente aerobio para algunas poblaciones bacterianas (30).

El medio filtrante de los HFS puede ser cascajo de piedra, grava, diferentes tipos de suelo o sustratos enriquecidos, que soportan el crecimiento de vegetación emergente (Figura 2). El agua fluye horizontalmente a través de las raíces de las plantas y el medio filtrante, luego el efluente tratado es recolectado en un canal de salida o tubería (28).

Figura 2. Esquema de un Humedal de Flujo Subsuperficial Horizontal. Fuente: Sucher & Holzer (1999)



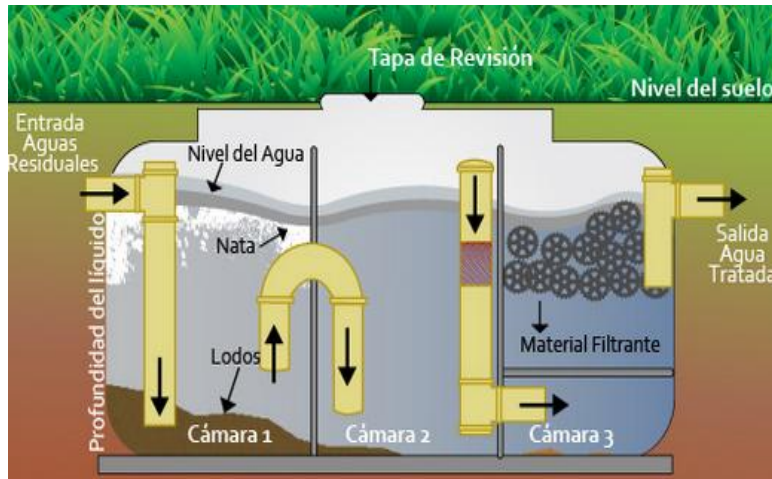
3.2.4 Trampas de grasas

Es el sistema de tratamiento primario de aguas residuales industriales. Allí se realiza una separación por diferencia de densidades, haciendo que el agua contaminada con el hidrocarburo que entra a la trampa se separe, permitiendo que al alcantarillado o corriente superficial se descargue agua en los límites permisibles por la normas ambientales (31).

En el artículo 154, de la resolución 1096 de 17 de Noviembre de 2000 se definen como tanques pequeños de flotación donde la grasa sale a la superficie, y es retenida mientras el agua aclarada sale por una descarga inferior. No lleva partes mecánicas y el diseño es parecido al de un tanque séptico. Recibe nombres específicos según al tipo de material flotante que vaya a removerse. El diseño debe realizarse de acuerdo con las características propias y el caudal del agua residual a tratar, teniendo en cuenta que la capacidad de almacenamiento mínimo expresada en kg. de grasa debe ser de por lo menos una cuarta parte del caudal de diseño (caudal máximo horario) expresado en litros por minuto. El tanque debe tener 0.25m^2 de área por cada litro por segundo, una relación ancho/longitud de 1:4 hasta 1:18 y una velocidad ascendente mínima de 4mm/s (32).

3.2.5 Fosas sépticas

Figura No 3: Esquema de un tanque séptico



Las fosas sépticas se utilizan para el tratamiento de las aguas residuales de familias que habitan en localidades que no cuentan con servicio de alcantarillado o que la conexión al sistema de alcantarillado les resulta costosa por su lejanía. El uso de tanques sépticos se permite en localidades rurales, urbanas y urbano-marginales.

Uno de los principales objetivos del diseño de la fosa séptica es crear dentro de esta una situación de estabilidad hidráulica, que permita la sedimentación por gravedad de las partículas pesadas. Los sólidos sedimentables que se encuentren en el agua residual cruda forman una capa de lodo en el fondo del tanque séptico.

Las grasas, aceites y demás material ligero tienden a acumularse en la superficie donde forman una capa flotante de espuma en la parte superior y la capa de lodo sedimentado en el fondo. El líquido pasa por el tanque séptico entre dos capas constituidas por la espuma y los lodos.

La materia orgánica contenida en las capas de lodo y espuma es descompuesta por bacterias anaerobias, y una parte considerable de ella se

convierte en agua y gases más estables como dióxido de carbono, metano y sulfuro de hidrógeno. El lodo que se acumula en el fondo del tanque séptico está compuesto sobre todo de hilachas provenientes del lavado de prendas y de lignina, la cual hace parte de la composición del papel higiénico, aunque estos materiales lleguen a degradarse biológicamente, la velocidad de descomposición es tan baja que éstas últimas se acumulan.

Las burbujas de gas que suben a la superficie crean cierta perturbación en la corriente del líquido. La velocidad del proceso de digestión aumenta con la temperatura, con el máximo alrededor de los 35°C. El líquido contenido en el tanque séptico experimenta transformaciones bioquímicas, pero se tiene pocos datos sobre la destrucción. El efluente de los tanques sépticos es anaerobio y contiene probablemente un número elevado de agentes patógenos, que son una fuente potencial de infección, no debe usarse para regar cultivos, no descargarse en canales o aguas superficiales sin permiso de la autoridad sanitaria de acuerdo al reglamento nacional vigente.

Los elementos básicos de una fosa séptica son: el tanque séptico y el campo de Oxidación; en el primero se sedimentan los lodos y se estabiliza la materia orgánica mediante la acción de bacterias anaerobias, en el segundo las aguas se oxidan y se eliminan por infiltración en el suelo.

4 EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (QUE PODRÍAN CONSIDERARSE LAS CATEGORÍAS DE INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN).

4.1 Planeación

Figura No 4: Etapas de la Gestión para el manejo, tratamiento y disposición final de aguas residuales.



Debido a la inadecuada o inexistente recolección, tratamiento y disposición de los vertimientos generados por actividades como la agricultura y la industria, y de las aguas residuales de origen doméstico, en el país se han generado, en forma sucesiva e incremental, problemas de salubridad y de calidad del agua en varias regiones. La situación comienza a ser insostenible, en la medida en que los cuerpos receptores alcanzan su capacidad de asimilar estos contaminantes, y tiene como consecuencia la alteración de la calidad del

recurso para su uso posterior, lo cual agrega un costo adicional para su tratamiento.

El Gobierno Nacional ha adelantado diferentes acciones con la finalidad de ampliar la cobertura de saneamiento básico y reducir los impactos sanitarios y ambientales más significativos. En este contexto, se han desarrollado e implementado diferentes instrumentos y estrategias, entre las cuales se destacan: la política de agua potable y saneamiento básico, con metas específicas para el incremento de la cobertura de acueducto y alcantarillado; la política ambiental, en cuyo marco se han desarrollado instrumentos económicos como la tasa retributiva, y los diagnósticos, guías y modelos de priorización para la gestión de aguas residuales; y el establecimiento de agendas conjuntas entre los Ministerios. Adicionalmente, debe resaltarse la labor de algunas AAR y de los municipios en la construcción de la infraestructura en saneamiento básico y de sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR), lo cual ha contribuido al fortalecimiento de la gestión para la descontaminación del recurso hídrico (17)

Por lo cual es importante una planeación sistemática para las plantas de tratamiento de aguas residuales:

Definición del nivel de complejidad del sistema y sus componentes, Justificación del proyecto y definición del alcance, todo componente de un sistema de tratamiento de agua residual debe justificarse con la identificación de un problema de salud pública, del medio ambiente o de bienestar social, el cual tiene solución con la ejecución del sistema propuesto, ya sea mediante la ampliación de cobertura de un servicio o mejoramiento de su calidad y eficiencia. Además, el proyecto debe cumplir los criterios de priorización establecidos en el Título A.RAS 2.000.Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. Luego de tener claro la complejidad del sistema y la justificación debe conocerse el marco institucional; el diseñador del sistema debe conocer las diferentes entidades relacionadas con la prestación del servicio público de suministro de agua potable, estableciendo responsabilidades y las funciones de cada una. Las entidades y aspectos que deben identificarse son:

- Entidad responsable del proyecto.

- Diseñador
- Constructor
- Rol del municipio, ya sea como prestador del servicio o como administrador del sistema.
- Empresa de Servicios Públicos y su carácter. (Oficial, mixto o privado)
- Entidades territoriales competentes
- Entidades de planeación. (DNP, DSPD, Ministerio del Medio Ambiente, etc.)
- Entidad reguladora. (CRA u otra)
- Entidad de vigilancia y control. (SSPD u otra)
- Operador.
- Interventor.
- Acciones proyectadas de la comunidad en el sistema.
- Autoridad ambiental competente. (Ministerio del Medio Ambiente, corporaciones autónomas regionales, etc.)
- Fuentes de financiación.

El diseñador debe conocer todas las leyes, decretos, reglamentos y normas técnicas relacionadas con la conceptualización, diseño, operación, construcción, mantenimiento, supervisión técnica y operación de un sistema de acueducto o cada uno de sus componentes en particular. Además, deben tomarse todas las medidas legales necesarias para garantizar el adecuado desarrollo de los proyectos de alcantarillado y del tratamiento de las aguas residuales o todos sus componentes.

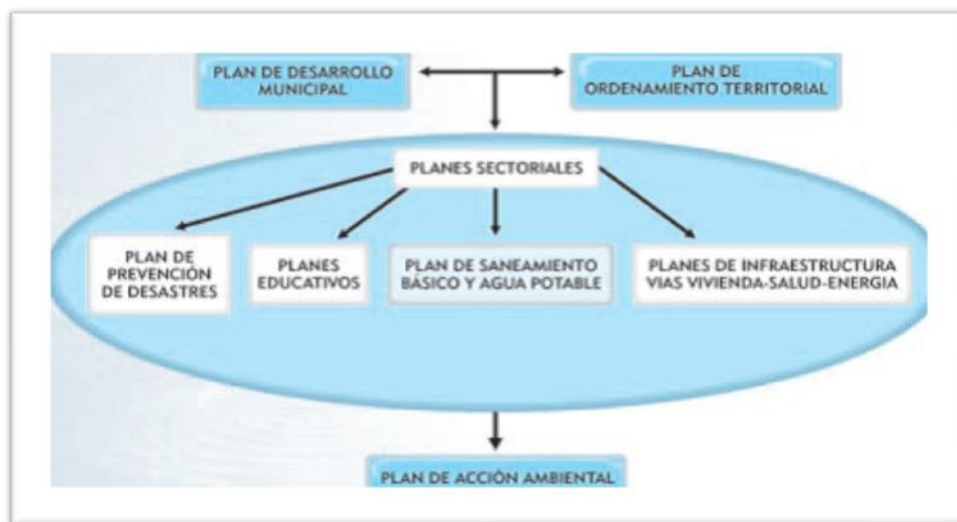
Debe presentarse un estudio sobre el impacto ambiental generado durante las etapas de construcción y/u operación del proyecto, ya sea negativo o positivo en el cual se incluyan una descripción de las obras y acciones de mitigación de los efectos en el medio ambiente propios del proyecto, siguiendo todo lo establecido.

Adicionalmente debe preverse un plan de manejo ambiental durante la operación y mantenimiento del sistema. El diseñador debe conocer los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial planteados dentro del marco de la Ley 388 de 1997 o la que la reemplace y establecer las implicaciones que el

sistema de tratamiento de agua residual tendría dentro de la dinámica del desarrollo urbano.

Todo proyecto de tratamiento de agua residual debe llevar a cabo los estudios factibilidad; el diseño de cualquier componente de una planta de tratamiento de agua residual debe cumplir con los requisitos mínimos el diseño de cualquier sistema de una planta de tratamiento de agua residual debe someterse a una evaluación socioeconómica y estar sujeto a un plan de construcción, operación, mantenimiento y expansión de costo mínimo, los procesos de construcción e interventoría se ajustarán a los requisitos mínimos; los procedimientos y medidas pertinentes a la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los diferentes componentes de una planta de tratamiento de agua residual deben seguir los requerimientos establecidos para cada componente en particular, (2)

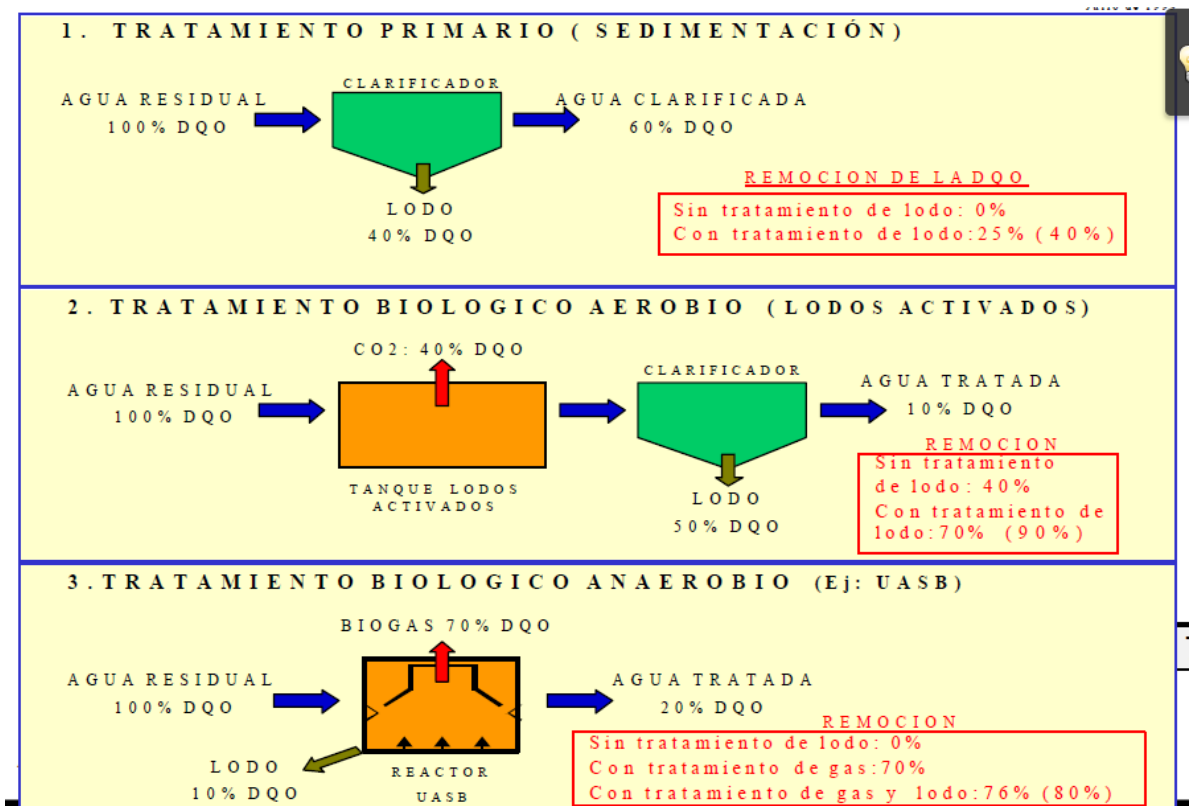
Figura 5. Estructura de la planeación Municipal



Para la planeación y construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales es importante la eficiencia de descontaminación de los diferentes sistemas de tratamiento.

A continuación se evidencia que la mejor eficiencia en descontaminación la tiene el tratamiento biológico aeróbico (lodos activos) con un 90% (29).

Figura 6: Eficiencia de descontaminación de los sistemas de tratamiento (enfoque global agua + aire + sólidos)



Se referencia lo escrito en la resolución 1096 de 2000 en ART. 51. — Diseños. Para todos los niveles de complejidad, los diseños para construir las obras de los sistemas de agua potable y saneamiento básico son obligatorios y deben garantizar el cumplimiento de los requisitos, parámetros y normas técnicas establecidas en el presente reglamento.

Estos diseños deben contemplar todos los estudios hidráulicos, sanitarios, estructurales, geotécnicos, mecánicos, eléctricos, ambientales y en general todas las actividades propias de los sistemas de agua potable y saneamiento básico (15).

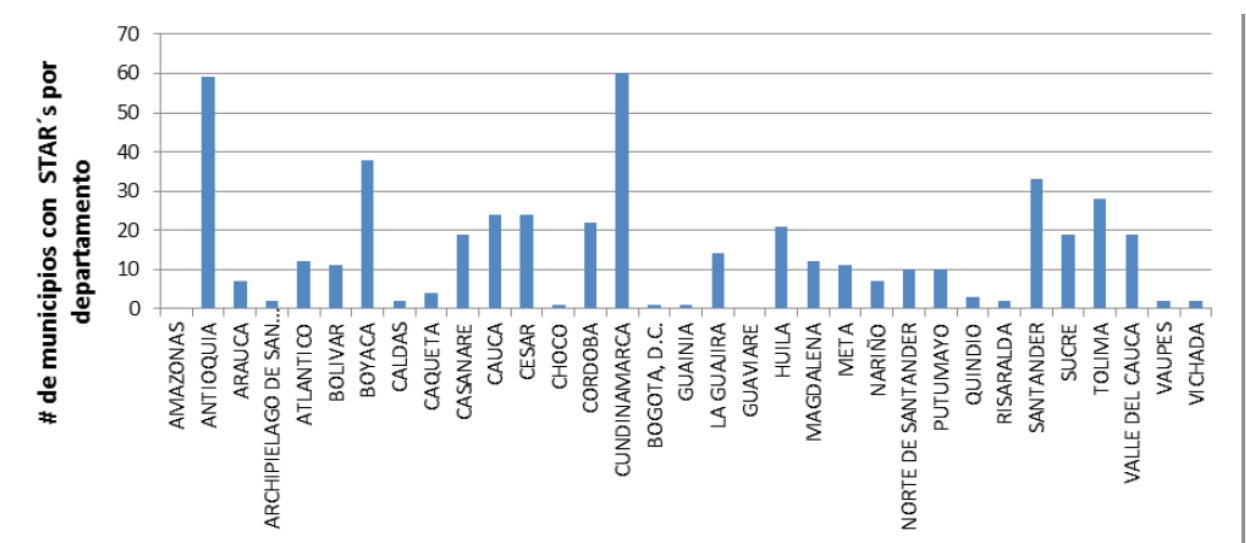
4.2 Sistemas de auditorías

Según el artículo 79 de la Ley 142 de 1994, le corresponde a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD "evaluar la

gestión financiera, técnica y administrativa de los prestadores de servicios públicos sujetos a su control, inspección y vigilancia, de acuerdo con los indicadores definidos por Las Comisiones de Regulación” y “vigilar y controlar el cumplimiento de las leyes y actos administrativos a los que estén sujetos quienes presten servicios públicos, en cuanto el cumplimiento afecte en forma directa e inmediata a usuarios determinados”. En ejercicio de dichas facultades la SSPD se encarga de evaluar la situación de la prestación de los servicios públicos y de requerir a las empresas prestadoras la realización de las actividades necesarias para que la prestación de los servicios públicos se realice dentro de los estándares normativos Colombianos. Lo anterior incluye que la SSPD deba tomar acciones preventivas y de vigilancia, como medida de protección a los usuarios. (14)

Es importante que las auditorias se centren en las plantas de aguas residuales en su operación y mantenimiento que se encuentra a cargo de prestadores de servicios públicos inscritos en el Registro Único de Prestadores –RUPS, que se clasifican en grandes prestadores y pequeños prestadores. Adicionalmente, hay sistemas que están a cargo de las administraciones municipales y no de prestadores de servicios públicos debidamente registrados.

Grafica 1 Inventario de sistemas por departamento



Fuente: Base de datos consolidada SSPD – octubre de 2012.

Los 562 sistemas de tratamiento existentes están a cargo de 415 prestadores de servicios públicos, 108 empresas corresponden a grandes prestadores y el resto, 307, hace referencia a pequeños prestadores. Los departamentos con mayor número de sistemas son Cundinamarca, Antioquia y Boyacá y departamentos como Amazonas y Guaviare no reportan infraestructura para el tratamiento de sus aguas residuales. Figura 4

Son pocos los sistemas de tratamiento de aguas residuales cuyo funcionamiento se lleva a cabo dentro de los estándares esperados. La operación y mantenimiento de las obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales en los municipios Colombianos, presentan significativos inconvenientes; las principales causas son:

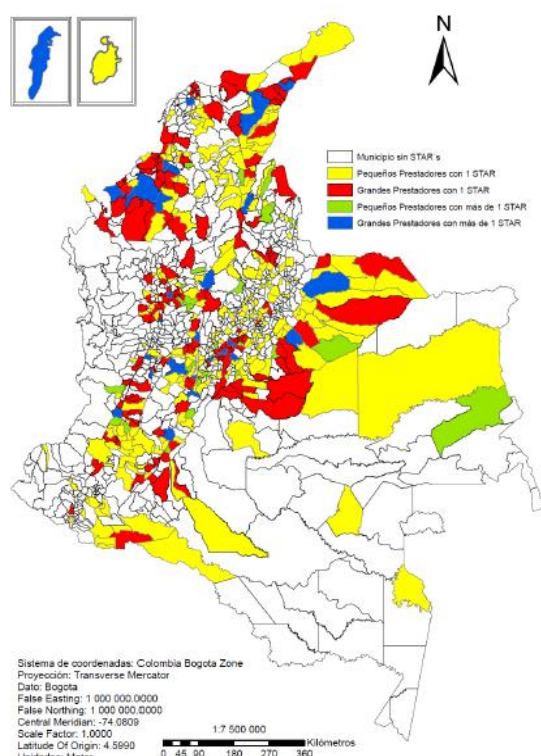
- Ausencia de conocimiento en protocolos de operación y mantenimiento de los sistemas, no se está dando cumplimiento a lo establecido en la Resolución 1096 de 2000 – RAS. Los prestadores no cuentan con los manuales requeridos, en varios casos en los que estos documentos existen no se ponen en práctica; no se conocen los caudales de diseño. La carencia de conocimiento no permite planear con claridad la expansión y optimización de los sistemas de tratamiento.
- Ausencia de seguimiento y control a los procesos, no se realizan caracterizaciones del agua, no se realizan aforos y mucho menos se lleva un control del caudal de entrada y de salida y no se documentan los procesos técnicos y operativos.
- Carencia de mantenimiento correctivo y preventivo de tal manera que la operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales se da de manera empírica, autónoma y rutinaria.
- Ausencia de programas de control de vectores y manejo de lodos.
- No se da cumplimiento ni seguimiento a lo establecido en los Permisos de Vertimientos y/o en los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV, respecto de las descargas de aguas residuales tratadas. Falta comunicación entre el operador del sistema de tratamiento y las autoridades ambientales.

Para poder evaluar las plantas de tratamiento es indispensable tener en claro quién debe realizar la interventoría ART. 52. —Interventoría. De conformidad con lo dispuesto por los artículos 334, 365 y 366 de la Constitución Política, que le asignan al Estado la dirección general de la economía y la intervención, por mandato de la ley, en los servicios públicos, los cuales son inherentes a la finalidad social del Estado, siendo objetivo fundamental el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población, entre los que se encuentran la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de saneamiento ambiental y de agua potable, para la ejecución de obras y/o diseños propios del sector, será obligatoria la interventoría permanente o transitoria.

En este caso, la interventoría deberá ser adelantada por funcionarios dependientes laboralmente de la entidad contratante o ejecutora de la obra y/o diseño, o por personas naturales y/o jurídicas independientes laboralmente de la entidad contratante o ejecutora. De todas maneras estas personas deberán reunir la idoneidad, experiencia y calidades exigidas en el presente reglamento técnico.

En la figura 7 se muestra de color blanco los municipios Colombianos que no reportan existencia de sistemas de tratamiento de aguas residuales. También se enseñan los municipios que reportan contar con obras, instalaciones y procesos para tratar sus aguas residuales clasificados según la categorización del prestador que tiene a cargo el sistema (Grandes o Pequeños) y el número de sistemas existentes (1 o más de uno) (30).

Figura 7. Municipios Colombianos con y sin STAR's clasificados por tipo de empresa y números de sistemas Existentes



En el informe técnico sobre sistema de tratamiento de aguas residuales en Colombia línea de base 2010. La Superintendencia de Servicios Públicos hace un llamado a la ejecución de un trabajo conjunto con las diferentes instituciones relacionadas con el tema (Corporaciones, Ministerios, Procuradurías, Contralorías, Alcaldías, empresas), con el propósito de enfocar esfuerzos en la realización de actividades que deriven en el mejoramiento la calidad del agua vertida a cuerpos hídricos receptores y por ende al cumplimiento de lo expuesto en el Plan de Desarrollo 2010-2014 *"Prosperidad para todos"* y la normatividad existente. Se identificó que más del 40% de los municipios Colombianos cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales ubicados en cabeceras municipales. La construcción de estos sistemas se financio con recursos de nivel departamental, municipal o por las Corporaciones Ambientales regionales. Sin embargo, el avance en el saneamiento de las fuentes hídricas refieren bajos resultados, esto

principalmente soportado en las falencias sobre la operación, mantenimiento y monitoreo de los sistemas de tratamiento de aguas residuales existentes. El mejoramiento de la calidad de agua residual vertida a las fuentes receptoras debe fundamentarse en un planeamiento técnico particular y en que los actores implicados tengan la capacidad integral para llevarlo a la realidad.

Es importante resaltar que el seguimiento al estado de avance de los PSMV está a cargo de las Corporaciones Autónomas Regionales, las autoridades de grandes centros urbanos y las de desarrollo sostenible. Las obras contempladas en estos planes contribuyen no solo a sanear los cuerpos de agua, sino a incrementar la cobertura de alcantarillado y disminuir las soluciones individuales de tratamiento de vertimientos (pozos sépticos).

De acuerdo a la documentación presentada por los prestadores relacionada con los caudales de diseño, de agua residual generada, la tratada, y la vertida sin tratamiento a una fuente superficial, se carece en la mayoría de los casos de esta información. Se tienen valores estimados y a corto plazo no se cuenta con planes de optimización y ampliación de los sistemas de tratamiento actuales, o construcción de nuevas instalaciones o infraestructura.

Aun son más preocupantes aquellos municipios que no cuentan todavía con sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales, puesto que se está alterando la calidad de las fuentes hídricas receptoras. Adicionalmente, se identificaron municipios que tienen sistemas de tratamiento de aguas residuales pero no están operando, en otros casos, su construcción, ampliación u optimización se encuentra suspendida por factores presupuestales o técnicos.

Las actividades de diseño y construcción de varios de los sistemas de tratamiento de aguas residuales han estado a cargo de las autoridades ambientales y se contó con inversiones por parte de estos entes territoriales. Sin embargo, la operación de algunas estructuras para el tratamiento, aún no han sido entregadas a los municipios y/o a las empresas prestadoras de servicios públicos. La operación de los sistemas que no han sido recibidos por

los entes territoriales está a cargo de la autoridad ambiental y en algunos casos las estructuras esta fuera de funcionamiento. Se encontró que un alto porcentaje del sistema de alcantarillado esta diseñado como sanitario pero opera como combinado (aguas residuales y lluvias) debido a factores como conexiones erradas a la red, deficiencia en la elaboración y actualización del catastro de redes en el tópico de alcantarillado (Colectores principales y secundarios, pozos en inspección, interceptores, sumideros, estaciones de bombeo, líneas de inspección, emisarios, entre otros); lo que conlleva a un incremento del volumen de agua residual que llega a las plantas de tratamiento que ocasiona:

- Un aumento en los costos de tratamiento.
- Disminución del periodo de diseño de las estructuras
- No cumplimiento de las remociones, estándares ambientales y objetivos de calidad de las fuentes receptoras de los vertimientos.

Adicionalmente, los municipios no cuentan con una política de manejo de drenajes urbanos relacionados con el manejo de aguas lluvias y de escorrentía, y lo que se está haciendo es endurecer zonas blandas que anteriormente permitían la filtración del agua lluvia lo que disminuía el volumen de agua que se recolectaba y se transportaba en la red de alcantarillado. (30)

En la auditoria de las plantas de tratamiento de agua residual es imprescindible conocer las normas ISO 14000 es un conjunto de estándares internacionales que definen los requisitos necesarios para el desarrollo e implementación de un sistema de gestión que asegure la responsabilidad ambiental de la empresa previniendo la contaminación pero considerando las necesidades socioeconómicas de la compañía. Esta norma no tiene categoría de ley, es decir, su adopción no es de carácter obligatorio en las empresas. Sin embargo, la no adopción de esta norma limita a las empresas a competir únicamente en el mercado nacional hasta el momento en que sea el propio gobierno el que obligue a la industria a la adopción de la misma, una industria limpia nos permitirá tener mejor calidad de vida sin dañar el ecosistema que nos rodea (31)

4.3 Aspectos socioeconómicos y ambientales

Los Municipios Colombianos como consecuencia de la descentralización administrativa han venido adquiriendo una mayor responsabilidad en la gestión para orientar el desarrollo socioeconómico y ambiental de los entes territoriales.

Aunque los recursos económicos propios y de la nación son el eje de dicha gestión, también lo son los instrumentos procedimentales y normativos con que cuentan las administraciones municipales para realizar una labor eficiente.

Una de problemáticas ambientales que se ha intensificado durante los últimos años y que exige de una acción inmediata de los municipios, es la de contaminación del recurso hídrico generada por las aguas residuales municipales. Solo el 22 % de los municipios del país realizan un tratamiento de sus aguas residuales, un porcentaje realmente bajo si consideramos que tampoco se ha reportado una aceptable eficiencia y operación de la mayoría de estas plantas de tratamiento.

Pero la gestión para el Manejo y Tratamiento de las Aguas Residuales (MTAR) no se reduce simplemente al tratamiento de los vertimientos del alcantarillado municipal, debe trascender a una gestión más integral reflejada en la reducción de cantidad de vertimientos, control de la calidad de los vertidos, ampliación de la cobertura de recolección, formulación de planes maestros de saneamiento, gestión de los proyectos de inversión, construcción de la infraestructura de tratamiento, seguimiento sanitario y ambiental y programas de educación ambiental, entre otros.

Las descargas de las aguas residuales municipales se han convertido en una de los problemas ambientales más críticos y más crecientes, si consideramos que el incremento poblacional de la mayoría de los centros urbanos medianos y grandes es notable debido a la situación socioeconómica y de orden público del país.

Esta situación se refleja en el aumento de las descargas de tipo doméstico y productivo, deteriorando cada vez más el estado de la calidad del recurso. La situación se hace más crítica cuando la corriente tiene un uso definido aguas abajo, pues se alteran las condiciones de calidad del agua requeridas para el abastecimiento de actividades específicas (doméstica, industrial, agrícola, pecuaria, etc.) y la vida acuática.

Las evaluaciones reportan que los centros urbanos en Colombia captan alrededor de los 170 metros cúbicos/seg, de agua de los cuales se pierden entre 40% y 50 %, regresando al ambiente en forma de aguas residuales entre un 70% a 80% de las aguas consumidas. Se estima que en Colombia se descargan diariamente cerca de 700 toneladas de carga orgánica del sector doméstico urbano a los cuerpos de agua.

El inventario de sistemas de tratamiento de aguas residuales del Ministerio del Medio Ambiente, reporta que solo 22% de las cabeceras municipales del país hacen tratamiento de las aguas residuales y muchas están funcionando deficientemente, o lo que es más crítico sin ser operadas.

Se reporta que los departamentos con mayor cobertura de plantas de tratamiento de aguas residuales, PTAR (operando y/o en diseño) son Cundinamarca (38 PTAR), Antioquia (26 PTAR), Cesar (14 PTAR), Valle del Cauca (14 PTAR) y Tolima (13 PTAR). El caso crítico en el país se presenta en la cuenca del Magdalena-Cauca (25 % del área territorial), con un 70% de la población y solo 11 % de la oferta hídrica del país; estas condiciones han contribuido a la desregulación del régimen hídrico y al deterioro de la calidad de la cuenca.

La presión sobre las demás áreas hidrográficas (las vertientes del Orinoco, Amazonas, Pacífico, Sinú, Atrato, Catatumbo y Sierra Nevada de Santa Marta) es importante y de carácter regional. La contaminación hídrica no es exclusiva de los centros urbanos, pero una alta proporción (más de 50%) de las cargas contaminantes son generadas por los vertimientos domésticos de los municipios; se destacan como zonas críticas las áreas metropolitanas y centros

urbanos mayores tales como Bogotá - Soacha; Cali - Yumbo; Medellín - Valle de Aburra; Bucaramanga-Floridablanca; Pereira - Dosquebradas - La Virginia; Barranquilla - Soledad; Cartagena - Mamonal y Santa Marta, entre otros; afectando ecosistemas hídricos tan importantes como los ríos Bogotá, Cauca, Medellín, Magdalena, Otún- Consota, la bahía de Cartagena y Barranquilla, entre otros. Según el Inventario Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento del Ministerio de Desarrollo, cerca de 1300 cuerpos de agua están siendo contaminados por ser los receptores de los vertimientos municipales.

Esta situación hace que la disponibilidad del recurso sea limitada en muchas regiones del país principalmente para consumo humano y recreativo. La sobresaturación de carga orgánica desequilibra los ecosistemas acuáticos y genera condiciones anoxicas (sin oxígeno) de difícil recuperación que limitan la vida de las comunidades acuáticas y generan procesos de eutroficación de lagos y lagunas por sobre-abundancia de nutrientes (nitrógeno y fósforo).

En cuanto a la problemática socio económica los vertimientos de aguas residuales a los cuerpos de agua no solo impactan la vida acuática, si no que principalmente afectan la salud humana. La contaminación bacteriológica presente en las aguas negras municipales es la más relevante a nivel sanitario, ya que estas contienen en grandes cantidades microorganismos patógenos generadores de múltiples enfermedades (cólera, amebiasis, disentería, gastroenteritis, fiebre tifoidea, hepatitis A, entre otras).

Aunque Colombia es uno de los países que se destaca por su alto nivel sanitario, se continúan reportando elevados índices de enfermedades asociadas al agua; estando entre los cinco primeros lugares de mortalidad y morbilidad en niños (solo en 1991 se reportaron 12.210 casos y 208 defunciones en 248 municipios por una epidemia de cólera).

La disponibilidad natural de agua potable se reduce cuando existen vertimientos aguas arriba de las captaciones de acueductos, por esta causa en el país son muchos los centros poblados que consumen aguas de mala

calidad; que se agrava con la falta de un adecuado sistema de potabilización. Los inventarios de agua potable y saneamiento reportan que aproximadamente 300 municipios no realizan desinfección de las aguas que se están consumiendo y 450 no tienen planta de tratamiento. (32)

Es indispensable resaltar el impacto económico por un mal manejo o mal disposición de los residuos sean domésticos o los que más impactan al ambiente los industriales esto generan unos sobre costos por la necesidad de más plantas de aguas residuales el mantenimiento, la operación cambiando hasta la composición del agua al adicionar unos químicos necesarios para de contaminarlas.

La evaluación socioeconómica resolución 1096 del 2000 describe en ART. 48. —Alcance. La evaluación socioeconómica de proyectos debe realizarse con el objeto de medir el aporte neto de un proyecto o política de inversión social al bienestar de una comunidad. Es decir, tendrá la capacidad de establecer la bondad del proyecto o programa para la economía nacional en su conjunto. En estos términos, el valor de cualquier bien, factor o recurso a ser generado o utilizado por el proyecto debe valorarse según su contribución al bienestar nacional. Para proyectos de agua potable y saneamiento básico se permiten los siguientes tipos de estudios socio económico:

1. Análisis costo-eficiencia.
2. Análisis de costo mínimo, de expansiones de capacidad (15).

5 CORRELACIÓN DE CADA SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA CON LA NORMATIVIDAD VIGENTE

5.1. Plantas de tratamiento vs Resolución 1096 de 2000 (15)

<ul style="list-style-type: none">▪ Sistema anaeróbico: Proceso simple y sencillo de operar, aplicable en pequeña, mediana y gran escala, para residuos industriales y domésticos. Presenta una baja producción de lodos (estabilizados), un bajo o nulo consumo de energía (eventualmente bombeo), son instalaciones compactas que demandan poco espacio. Emite olores desagradables (H_2S), tiene una sensibilidad a bajas temperaturas, al cambio brusco de pH y a la presencia de oxígeno disuelto. Calidad de efluente inferior a los procesos aeróbicos, por eso se requiere un pos tratamiento para cumplir con los niveles de calidad usualmente exigidos. Tradicionalmente la digestión anaerobia ha sido utilizada para la estabilización de lodos primarios y secundarios en las plantas convencionales municipales. Las principales aplicaciones de la tecnología anaerobia se presentan en residuos industriales con alta carga contaminante.▪ Sistema aeróbico: No ha sido posible en pequeña escala. Usan procesos de tasas más rápidas, lo cual permiten que loguen una mejor calidad del efluente. El efluente puede ser descargado en forma subsuperficial como en los campos de infiltración de los tanques	<ul style="list-style-type: none">▪ Por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico, RAS.▪ ARTICULO 86, ARTICULO 119 tratamiento y manejo de lodos.▪ ARTICULO 121 Sistemas de instrumentación y control.▪ ARTICULO 175 Desinfección de los efluentes de las PTAR, cuando este último pueda crear peligros para la salud de las comunidades aguas abajo de la descarga.▪ ARTICULO 176 Manejo de lodos en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Para esto, deben presentarse balances de masa de los procesos con los trenes de tratamiento de agua y lodos.▪ No deben descargarse dichos efluentes a cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Los lodos primarios deben estabilizarse; se debe establecer un programa de control de olores; se debe establecer un programa de control de vectores.▪ Se deben caracterizar: sólidos suspendidos, sólidos totales, nitrógeno total Kjeldahl, fósforo y metales; adicionalmente para el nivel alto de complejidad, cromo, plomo, mercurio, cadmio, níquel, cobre y zinc
--	---

sépticos, o algunas veces descargados directamente a la superficie.	
---	--

5.2 Lagunas de oxidación o estabilización vs Resolución 1096 de 2000 (15)

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es una pileta de tierra poco profunda de 1 a 2 metros, que se utiliza para el tratamiento biológico de diversos efluentes municipales e industriales ▪ Casi todos los estanques son facultativos, aquí los sólidos sedimentables retenidos sufren descomposición aerobia en el fondo del estan que los residuos orgánicos solubles son transformados en CO₂ y agua para las bacterias aerobias de los niveles superiores 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico, RAS. ▪ ARTICULO 86, ARTICULO 119 tratamiento y manejo de lodos. ▪ ARTICULO 121 Sistemas de instrumentación y control. ▪ ARTICULO 175 Desinfección de los efluentes de las PTAR, cuando este último pueda crear peligros para la salud de las comunidades aguas abajo de la descarga. ▪ ARTICULO 176 Manejo de lodos en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Para esto, deben presentarse balances de masa de los procesos con los trenes de tratamiento de agua y lodos. ▪ No deben descargarse dichos efluentes a cuerpos de agua superficiales o subterráneos. Los lodos primarios deben estabilizarse; se debe establecer un programa de control de olores; se debe establecer un programa de control de vectores. ▪ Se deben caracterizar: sólidos suspendidos, sólidos totales, nitrógeno total Kjeldahl, fósforo y metales; adicionalmente para el nivel alto de complejidad, cromo, plomo, mercurio, cadmio, níquel, cobre y zinc
--	---

5.3. Humedales vs CONPES 3177 de 2002(16)

<ul style="list-style-type: none">▪ Los sistemas naturales de tratamiento (SN) están surgiendo como alternativas de bajo costo, fáciles de operar y eficientes en comparación con los sistemas de tratamiento convencional para una amplia gama de aguas residuales.▪ De flujo superficial: Estos incluyen a los fangales (principalmente con vegetación de musgos), las zonas pantanosas (principalmente de vegetación arbórea), y las praderas inundadas (principalmente con vegetación herbácea y plantas macrófitas emergentes).▪ Subsuperficial: Se diseñan y construyen para que el agua fluya a través de la zona radicular de la vegetación y por lo tanto no presentan una superficie libre de flujo.▪ Los contaminantes en los sistemas con macrófitas son removidos por una variedad compleja de procesos biológicos, físicos y químicos, incluyendo sedimentación, filtración, adsorción en el suelo, degradación microbiológica, nitrificación y denitrificación, decaimiento de patógenos y metabolismo de las plantas.	<ul style="list-style-type: none">▪ Establece la necesidad de formular un Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales donde sea viable y sostenible económica, social y ambientalmente.▪ Teniendo en cuenta la vulnerabilidad de las fuentes hídricas, así como la capacidad de pago de la población, la sostenibilidad financiera e institucional de las empresas para la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado▪ Formulación del PMAR que promueva la descontaminación y mejoramiento de la calidad de los cuerpos hídricos.▪ Este plan deberá tener en cuenta las condiciones socioeconómicas de los municipios y de los usuarios de los servicios, construir criterios y metodologías para descontaminación de los cuerpos de agua
--	--

5.4 Trampas de grasas vs CONPES 3177 de 2002 (16)

<ul style="list-style-type: none">▪ Es el sistema de tratamiento primario de aguas residuales industriales. Allí se realiza una separación por diferencia de densidades, haciendo	<ul style="list-style-type: none">▪ Establece la necesidad de formular un Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales donde sea viable y sostenible económica, social y
---	---

<p>que el agua contaminada con el hidrocarburo que entra a la trampa se separe, permitiendo que al alcantarillado o corriente superficial se descargue agua en los límites permisibles por la normas ambientales</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ No lleva partes mecánicas y el diseño es parecido al de un tanque séptico. ▪ El diseño debe realizarse de acuerdo con las características propias y el caudal del agua residual a tratar, teniendo en cuenta que la capacidad de almacenamiento mínimo expresada en kg. de grasa debe ser de por lo menos una cuarta parte del caudal de diseño (caudal máximo horario) expresado en litros por minuto. 	<p>ambientalmente.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Teniendo en cuenta la vulnerabilidad de las fuentes hídricas, así como la capacidad de pago de la población, la sostenibilidad financiera e institucional de las empresas para la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado ▪ Formulación del PMAR que promueva la descontaminación y mejoramiento de la calidad de los cuerpos hídricos. ▪ Este plan deberá tener en cuenta las condiciones socioeconómicas de los municipios y de los usuarios de los servicios, construir criterios y metodologías para descontaminación de los cuerpos de agua
---	---

5.5 Fosas sépticas vs CONPES 3177 de 2002 (16)

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se utilizan para el tratamiento de las aguas residuales de familias que habitan en localidades que no cuentan con servicio de alcantarillado o que la conexión al sistema de alcantarillado les resulta costosa por su lejanía. ▪ Se crea dentro de la fosa una situación de estabilidad hidráulica, que permita la sedimentación por gravedad de las partículas pesadas. Los sólidos sedimentables que se encuentren en el agua residual cruda forman una capa de lodo en el fondo del tanque séptico. ▪ Las grasas, aceites y demás material ligero tienden a acumularse en la 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Establece la necesidad de formular un Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales donde sea viable y sostenible económica, social y ambientalmente. ▪ Teniendo en cuenta la vulnerabilidad de las fuentes hídricas, así como la capacidad de pago de la población, la sostenibilidad financiera e institucional de las empresas para la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado ▪ Formulación del PMAR que promueva la descontaminación y mejoramiento de la calidad de los cuerpos hídricos. ▪ Este plan deberá tener en cuenta las
--	---

<p>superficie donde forman una capa flotante de espuma en la parte superior y la capa de lodo sedimentado en el fondo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ El líquido pasa por el tanque séptico entre dos capas constituidas por la espuma y los lodos. ▪ El efluente de los tanques sépticos es anaerobio y contiene probablemente un número elevado de agentes patógenos, que son una fuente potencial de infección, por ello no debe usarse para regar cultivos, ni descargarse en canales o aguas superficiales. 	<p>condiciones socioeconómicas de los municipios y de los usuarios de los servicios, construir criterios y metodologías para descontaminación de los cuerpos de agua</p>
--	--

6. APROXIMACIÓN ANALÍTICA

Los Sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Colombia se correlacionaron con la Resolución 1096 de 2000 en el caso de las Plantas de tratamiento de lodos activados y las lagunas de oxidación, que son en la actualidad los sistemas utilizados más avanzados; ya con ella se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico, RAS.

Se puntualiza en el manejo y tratamiento de lodos, que en la práctica es muy deficiente. En la clase de sistemas de instrumentación y control, donde por faltas de recursos este aspecto no se tiene en cuenta. La desinfección de los efluentes de las PTAR, cuando este último pueda crear peligros para la salud de las comunidades aguas abajo de la descarga, se cumple parcialmente a nivel nacional, al igual que la caracterización de sólidos suspendidos, sólidos totales, nitrógeno total Kjeldahl, fósforo y metales; para el nivel alto de complejidad, cromo, plomo, mercurio, cadmio, níquel, cobre y zinc.

Para los humedales, trampas de grasa y fosas sépticas se hizo correlación con el CONPES 3177 de 2002, donde se establece la necesidad de formular un Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales, que promueve la descontaminación y mejoramiento de la calidad de los cuerpos hídricos. Al igual que tiene en cuenta las condiciones socioeconómicas de los municipios, para la implementación de los mismos. Sin embargo como se puntualiza más adelante, las condiciones son muy deficientes.

Actualmente alrededor de 40 m³/s de agua residual sin tratamiento, es entregado a fuentes superficiales y cerca de 4 000 hectáreas de tierras agrícolas son regadas con dicha agua.

El 16% de los sistemas de tratamiento existentes en Colombia están diseñados para realizar procesos catalogados como preliminares y primarios. Estos conjuntos de obras, instalaciones y procesos tienen una capacidad de

tratamiento instalada de 16,4 m³ /seg, el 50% frente al total y tratan 14,1 m³ /seg, que representa el 63% respecto del total. Por otra parte, el 84% de los sistemas existentes están diseñados para realizar el tratamiento secundario de las aguas residuales. Estas estructuras suman un caudal instalado de 16,7 m³ /seg (50% respecto al total) y tratan un caudal de 8,2 m³ /seg (39% respecto del total)

Los sistemas de tratamiento PTAR Cañaveralejo y PTAR Salitre son los mayores aportantes al caudal tratado primariamente; los emisarios submarinos de Santa Marta y San Andrés tratan, de manera preliminar, un caudal de 1,3 m³/seg. Por su parte, los sistemas de tratamiento del Valle de Aburra ubicado en Itagüí, Área Metropolitana de Bucaramanga y Barranquilla, tratan sus aguas residuales de modo secundario obteniendo remociones de DBO₅ superiores al 80%.

El país cuenta con 562 sistemas instalados en 480 municipios, de los cuales 333 fueron inspeccionados y estos 89 se encuentran fuera de servicio. Después de inspeccionar 333 sistemas de tratamiento de aguas residuales en 278 municipios del país, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios encontró que Colombia presenta bastantes deficiencias en este proceso.

De los 333 auditados, 89 se encuentran en fuera de operación. En Cundinamarca hay 23, en Córdoba 8, en Santander y Tolima 7, en Valle del Cauca 6, en Cesar 5, en Antioquia y Norte de Santander 4, en Boyacá, Sucre y Meta 3; en Huila, Putumayo, Casanare, Guainía, Caquetá 2, y uno en Magdalena, Chocó, La Guajira y Atlántico. De igual manera se encontraron sistemas de tratamiento de agua residual en construcción a Septiembre 2012. Como ejemplos de estos casos tenemos a Pueblo rico en Antioquia, Baranoa en Atlántico, Sotaquirá, Tunja y Sogamoso en Boyacá y Aguada, Piedecuesta y Puerto Wilchez en Santander (33).

Otros sistemas de tratamiento de aguas residuales nunca se pusieron en marcha por problemas técnicos o económicos (Yumbo en el Valle del Cauca), otros sistemas salieron de funcionamiento debido a los costos que generaba su

operación (Natagaima en el Tolima), algunos están a la espera de que se defina la entidad que estará a cargo de su funcionamiento (El Cerrito y Pradera en el Valle del Cauca) y en otras circunstancias hace falta la construcción de colectores para transportar el agua residual hasta el sistema de tratamiento (Monte Líbano en Córdoba).

Para el caso de Cundinamarca, departamento con mayor número de sistemas de tratamiento de aguas residuales por fuera de operación, los municipios con esta situación son: Agua De Dios, Arbeláez, Cachipay, Cota, Cucunuba, Fómeque, Gachalá, Lenguazaque, Medina, Nocaima, Ricaurte, Sesquilé, Tenjo, Tibirita, Tocancipá y Uhe. Siendo quizás el caso más alarmante el del municipio de Tenjo con sus 6 sistemas, 4 de orden rural y 2 urbanos, por fuera de operación (34).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las remociones en sólidos totales y en carga contaminante no necesariamente responden a la normatividad establecida. La falta de control y seguimiento a los procesos y la carencia de mantenimiento en los sistemas hacen que las remociones se realicen por debajo de los estándares.

Las empresas prestadoras del servicio incumplen las normas de vertimiento de aguas residuales, desconocen el protocolo de operación, no hacen el mantenimiento adecuado a la infraestructura y son vulnerables a fenómenos naturales. A esto se suman las deficiencias técnicas y operativas de los sistemas, lo que generan un impacto negativo en lo social y ambiental en las comunidades, especialmente en las más pobres.

Uno de los aspectos más críticos es que se están alterando las fuentes hídricas en municipios que no cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Muchos Sistemas de tratamiento de aguas residuales que quedaron en construcción, nunca se entregaron a los operadores de servicios públicos existentes en los municipios sino que se establecieron y se dejaron abandonados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mara 1976,
2. INFORME TÉCNICO SOBRE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA. LÍNEA BASE 2010. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. República de Colombia. BOGOTÁ, D. C., Octubre de 2012
3. Biblioteca virtual (internet). Disponible en http://www.capac.org/web/Portals/0/biblioteca_virtual/.../CAPITULO2.pdf.
4. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, Lineamientos de Política para el manejo integral del agua, Acuerdo del Consejo Nacional Ambiental, Bogotá, 1996.
5. NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC-ISO- 5667-10 GESTION AMBIENTAL CALIDAD DE AGUA. MUESTREO. MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES. INCONTEC. República de Colombia. BOGOTÁ, D. C., Junio de 1995
6. GUIA TECNICA COLOMBIANA GTC 31 GESTIÓN AMBIENTAL. AGUA. GUÍA PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS DE TOXICIDAD (BIOENSAYOS) EN ORGANISMOS ACUÁTICOS. INCONTEC. República de Colombia. BOGOTÁ, D. C., Noviembre de 1996
7. Norma Boliviana NB 688-01 "Instalaciones Sanitarias - Alcantarillado Sanitario, Pluvial y Tratamiento de Aguas Residuales (Segunda revisión). Dirección General de Saneamiento Básico (DIGESBA). Bolivia, Diciembre 2001.
8. Decreto 2811 de 1974
9. Ley 9 de 1979
10. MINISTERIO DE SALUD, Decreto 1594 de 1984, sobre Vertimientos de agua residual y usos del agua.
11. Constitución nacional de Colombia de 1991
12. Ley 99 de 1993
13. Ley 42 de 1993
14. Ley 142 de 1994

15. Resolución número 1096 de 2000
16. CONPES 3177 de 2002
17. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial Decreto numero 3440 DE 2004 .Octubre 21
18. Seminario “Manejo integrado del agua: Tratamiento de aguas residuales”. Martha Aldana, Nubia Zuluaga, Silvia Arredondo. Universidad de Manizales. 2011.
19. Asociación Nacional de empresas de servicios públicos y comunicaciones ANDESCO.
20. Tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales. Cátedra internacional. Carlos Julio Collazos. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. 2008.
21. Tratamientos del agua (Internet). Disponible en <http://www.tratamientosdelaguaydepuracion.es/tamiz-estatico-pretratamientos>
22. Productos aguamarket (Internet). Disponible en <http://www.aguamarket.com/productos>
23. Tratamiento físico-químico de aguas residuales: Coagulación- Floculación. M.I. Aguilar. Universidad de Murcia. España. 2002.
24. Tratamiento anaerobio de aguas residuales. Cátedra internacional. Curso Salud Pública y saneamiento ambiental. Carlos Julio Collazos. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. 2008
25. Folleto informativo de sistemas descentralizados. Tratamiento aeróbico. National service center for environmental publications (NSCEP). EPA United States environmental protection agency. 2000.
26. Tratamiento de aguas residuales (Internet). Disponible en http://www.globalconsulting.mx/plantas_de_tratamiento_de_aguas_residuales.pdf
27. Ingeniería ambiental. J. Glynn Henry y Gary W. Heinke. Segunda edición. Pearson Education. México. 1999.
28. Humedales de Flujo Subsuperficial: Una Alternativa Natural para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas en Zonas Tropicales. Miguel R. Peña Varón, Meike Van Ginneken y Carlos A. Madera P. Ingeniería y competitividad, revista científica y tecnológica. Volumen 5, N 1, 2003

29. Avances conceptuales para el tratamiento de las aguas residuales domesticas (A.R.D) en el trópico y estudio de casos, Philippe Conil-Gerente Biotec- 43 Congreso Nacional de ACODAL
30. Informe técnico sobre sistema de tratamiento de aguas residuales en Colombia línea de base 2010. Superintendencia delegada para acueducto, alcantarillado y aseo; dirección técnica de gestión de acueducto y alcantarillado. BOGOTÁ, D.C., Octubre de 2012.
31. Norma ISO 14000
32. Ministerio del medio ambiente Guía de gestión para el manejo, tratamiento y disposición de aguas residuales municipales BOGOTÁ, D.C., 2002
33. El Espectador (Internet). Disponible en <http://www.elspectador.com/noticias/economia/articulo-403802-colombia-se-raja-el-tratamiento-de-aguas-residuales>
34. Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Humedales de flujo subsuperficial. EPA 832-F-00-023. United States. 2000.

